

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «ИНЖЭК»



**Ministry of Education and Science of Ukraine
Kharkov National University
of Economics**

**V. I. Glazko
V. Th. Cheshko**

**«DANGEROUS KNOWLEDGE»
IN «THE RISK SOCIETY»
(Age of Genetics and Biotechnology)**

Monograph

**Kharkov
«ENGEK» PH
2007**

**Министерство образования и науки Украины
Харьковский национальный экономический
университет**

**В. И. Глазко
В. Ф. Чешко**

**«ОПАСНОЕ ЗНАНИЕ»
В «ОБЩЕСТВЕ РИСКА»
(век генетики и биотехнологии)**

Монография

**Харьков
ИД «ИНЖЭК»
2007**

УДК 316.24

ББК 28.04

Г 52

Рекомендовано к изданию решением ученого совета Харьковского национального экономического университета (протокол № 3 від 25.12.2006 р.)

Рецензенты: **Багацкая Н. В.** – д-р биолог. наук, зав. лабораторией медицинской генетики ИОЗДП АМН Украины;

Цехмистро И. З. – д-р философ. наук, профессор, зав. кафедрой философии науки и теории культуры Харьковского национального университета им. В. Н. Каразина

Глазко В. И., Чешко В. Ф.

Г 52 «Опасное знание» в «обществе риска» (век генетики и биотехнологии): Монография. – Х.: ИД «ИНЖЭК», 2007. – 544 с. Русск. яз.

ISBN 978-966-392-112-9

В основе книги – два взгляда (естествоиспытателя и гуманитария) на опасности и перспективы «научно-технологического прогресса», лидером которого, определяющим лицо современной цивилизации, безусловно, сейчас являются информационные, генетические и биологические технологии. Авторы этих очерков – профессиональный генетик и биотехнолог, сотрудник Института агроэкологии и биотехнологии УААН Украины, профессор В. И. Глазко и доктор философских наук, профессор кафедры философии и политологии Харьковского национального экономического университета В. Ф. Чешко.

Адресована ученым и преподавателям, специалистам в области философии, социологии и этики науки; генетикам и биотехнологам, студентам и аспирантам, специализирующимся в соответствующих областях, всем интересующимся глобальными последствиями научно-технического прогресса для судеб цивилизации и культуры, биосферы и самой биосоциальной природы человека.

В основі книги – два погляди (природознавця й гуманітарія) на небезпеки й перспективи «науково-технологічного прогресу», лідером якого, що визначає обличчя сучасної цивілізації, безумовно, зараз є інформаційні, генетичні й біологічні технології. Автори цих нарисів – професійний генетик і біотехнолог, співробітник Інституту агроекології й біотехнології УААН України, професор В. І. Глазко і доктор філософських наук, професор кафедри філософії й політології Харківського національного економічного університету В. Ф. Чешко.

Книгу адресовано вченим і викладачам, фахівцям в області філософії, соціології й етики науки; генетикам і біотехнологам, студентам і аспірантам, які спеціалізуються у відповідних областях, усім, хто цікавиться глобальними наслідками науково-технічного прогресу для долі цивілізації й культури, біосфери і самої біосоциальної природи людини.

ББК 28.04

ISBN 978-966-392-112-9

© Глазко В. И., Чешко В. Ф., 2007

© ИД «ИНЖЭК», 2007

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	11
Часть 1. Технология управляемой эволюции – стратегия выживания человечества. Точка зрения генетика	15
Введение. Наука и технология в истории человечества	15
Технология и экология в эпоху глобализации	19
Техногенные риски и катастрофы.....	19
Болезни культурных растений как двигатель истории человечества	41
Генная инженерия – эволюция, управляемая человеком. Краткий исторический очерк.....	49
ДНК-технологии	86
Методология прикладного использования ДНК-технологий.....	92
Новый взгляд на эволюцию. «Генетическая инженерия» в природных экосистемах	98
Проблема голода и генные технологии – есть ли альтернатива?	104
«Зеленая революция»	108
Сокращение урожая и сценарии возможного решения продовольственной проблемы	116
Прикладные ДНК-технологии. Достижения и перспективы.....	118
Усовершенствование качественных характеристик продукции растениеводства	124
Продукты «здорового образа жизни» («healthy food products»)	128
Основные направления коммерческого использования генетически модифицированных растений.....	129
ГМО-растения, устойчивые к насекомым-вредителям	131
ГМО-гербицидустойчивые растения.....	134
ГМО-растения, устойчивые к болезням	138
Устойчивость к вирусам и вириодам.....	142
Активизация защитных систем организма.....	144
Устойчивость к абиотическим факторам	145
ГМО-растения с заданным химическим составом и структурой молекул (аминокислоты, белки, углеводы)	147
ГМО-растения – продуценты фармакологических препаратов.....	151

Генные технологии в борьбе с загрязнением окружающей среды. Фиторемедиация	152
Использование ДНК-технологий для разработки вакцин	153
ГМО для улучшения сохранности и качества плодов и овощей.....	158
Биоректоры.....	159
Основные направления коммерческого использования генетически модифицированных животных.....	161
Трансплантация эмбрионов.....	162
Клонирование	163
Трансгенные животные	173
Генетически модифицированные организмы как источник риска. Тревоги обоснованные и мнимые	180
Опасность применения пестицидов.	190
Возможная опасность ГМО и их научная проверка.....	193
«Движение сопротивления». «Биотехнологический протокол» так и не был подписан.....	206
Биосоциальная природа человека. Эра самоконструирования Homo sapiens	209
Генетическая основа поведения.....	213
Генетические основы познавательных способностей и интеллекта	220
Гены и сексуальность	225
Биоэтика и евгеническое движение	228
Генотерапия.....	233
Человек как объект технологических манипуляций. Философский и этический аспекты	236
Человек как объект технологических манипуляций. Практический аспект	244
Нейрофармакология	245
Биополитика. Социальный и юридический контроль развития и использования биотехнологии человека.....	262
Расшифровка генома человека и генетическая дискриминация	269
Новая евгеника?.....	279
Демографическая ситуация, продолжительность жизни и эволюция культуры.....	285
Перспективы человека. Устоим ли мы?	288
Генофонд человечества	294
Социально-экологические аспекты развития генетической инженерии	295

Часть II. Наука и технология в обществе риска.	
Точка зрения философа	309
Введение. Техногенная цивилизация, «общество риска» и феномен «опасного знания»	309
Биовласть и биополитика.....	341
Постановка проблемы: научное знание как фактор риска.....	386
Феноменология и онтология «опасного знания»	388
Социоэкономические и социополитические последствия трансформации науки в «опасное знание»	392
Гипотеза «скользящего склона»	396
Генетика и генные технологии как «опасное знание».	
Социологический анализ.....	405
Экспертные оценки перспектив и риска развития генетических технологий. Текстологический анализ	406
Образ генетики и генетической инженерии в массовом сознании. Результаты контент-анализа интернет-ресурсов.....	415
Интеграция генных технологий в жизнь современной цивилизации. «Комедия генетики и нравов»	433
«Случай Мариссы Айалы».....	440
Бета-талассемия	442
Кистозный фиброз (муковисцидоз).....	444
Болезнь Альцгеймера	444
«Демон Джеймса Уотсона». Биополитические и биоэтические дилеммы репродуктивных технологий.	447
«Опасное знание» с точки зрения глобально- эволюционной парадигмы	458
Методология глобального эволюционизма.....	460
Десинхронизация биологической и социокультурной эволюции в антропогенезе.....	468
Эволюционная природа феномена «опасного знания».	482
Заключение	494
Техногенная цивилизация и будущее человека	494
Наука и технология как факторы культурно- психологических трансформаций.....	501
Адаптивная стратегия человечества и сценарии будущего: роль этики.....	509
Краткая библиография.....	530

CONTENTS

Preface	11
Part 1. Technology of controlled evolution – the strategy of survival of humanity. Point of view of the geneticist.....	15
Introduction. Science and technology in the history of humanity	15
Technology and ecology in the age of globalisation.....	19
Man-caused risks and catastrophes.....	19
Diseases of cultivated plants as driving force of the history of humanity	41
Genetic engineering – evolution controlled by a human being	
Short historic review	49
DNA technologies	86
Methodology of applied use of DNA technologies	92
New look at evolution. «Genetic Engineering» in natural ecosystems.....	98
Problem of hunger and genic technologies – is there any alternative?	104
«Green revolution»	108
Reduction of harvest and scenarios of possible solution of food problem.....	116
Applied DNA technologies. Achievements and perspectives.....	118
Improvement of qualitative characteristics of crop production.....	124
Healthy food products («healthy food products»)	128
Basic directions of commercial use of genetically modified plants.....	129
GMO-plants resistant to plant pests.....	131
GMO-herbicide resistant plants	134
GMO-plants resistant to diseases.....	138
Resistance to viruses and viroids.....	142
Activation of protective systems of organism	144
Resistance to abiotic factors.....	145
GMO-plants with specified chemical composition and structure of molecules (amino acids, proteins, carbohydrates).....	147
GMO-plants – producers of pharmacological preparations.....	151
Genetic technologies in environmental pollution control.	
Phytoremediation.....	152
Use of DNA technologies for development of vaccines	153
GMO for improvement of safe keeping and quality of fruits and vegetables.....	158
Bioreactors.....	159
Basic directions of commercial use of genetically modified animals.....	161
Transplantation of embryos.....	162

Cloning	163
Transgenic animals	173
Genetically modified organisms as the source of risk. Fears valid and imaginary.....	180
Danger of the use of pesticides.....	190
Possible danger of GMO and their scientific verification	193
«Movement of resistance», «Biotechnological protocol» has not been signed so far.....	206
Biosocial nature of a human being. Era of self-designing of Homo sapiens	209
Genetic basis of behaviour	213
Genetic bases of cognitive abilities and intellect	220
Genes and sexuality	225
Bioethics and eugenic movement	228
Genotherapy.....	233
Human being as an object of technological manipulations. Philosophical and ethic aspects.....	236
Human being as an object of technological manipulations. Practical aspect	244
Neuropharmacology.....	245
Biopolicy. Social and legal control of development and use of human biotechnology.....	262
Decoding of human genome and genetic discrimination	269
New eugenics?.....	279
Demographic situation, life interval and evolution of culture	285
Perspectives of a human being. Shall we with stand?	288
Genofond of humanity	294
Social and ecological aspects of development of genetic engineering	295
Part II. Science and technology in the society of risk.	
Point of view of a philosopher	309
Introduction. Technogenic civilisation, «society of risk» and phenomenon of «dangerous knowledge».....	309
Biopower and biopolicy	341
Statement of a problem: scientific knowledge as the factor of risk.....	386
Phenomenology and ontology of «dangerous knowledge»	388
Socioeconomic and socio-political consequences of transformation of science into «dangerous knowledge»	392
Hypothesis of «slippery slope»	396
Genetics and genic technologies as «dangerous knowledge». Sociological analysis	405

Expert evaluations of perspectives and risk of development of genetic technologies. Textual analysis.....	406
Image of genetics and genetic engineering in mass consciousness. Results of content-analysis of internet resources.....	415
Integration of genic technologies into the life of modern civilisation. «Comedy of genetics and morals»	433
«Marissa Aiello's case»	440
Beta thalassemia	442
Cystic fibrosis (mucoviscidosis)	444
Alzheimer's disease	444
«The Demon of James Watson». Biopolitical and bioethical dilemmas of reproductive technologies.....	447
«Dangerous knowledge» from the point of view of global and evolutionary paradigm	458
Methodology of global evolutionism	460
Desynchronization of biological and sociocultural evolution in anthropogenesis.....	468
Evolutionary nature of phenomenon of «dangerous knowledge».....	482
Conclusion.....	494
Technogenic civilisation and future of a human being.....	494
Science and technology as factors of cultural and psychological transformations.....	501
Adaptive strategy of humanity and scenarios of the future: the role of ethics.....	509
Short bibliography	530

ПРЕДИСЛОВИЕ

«И сказал Господь:
вот, Адам стал как один из Нас, зная добро и зло;
и теперь как бы не простер он руки своей, и не взял
также от дерева жизни, и не стал жить вечно».

Бытие, 3, 22

«Когда мы овладеем всеми этими шарами
Вселенной, и всеми их укладами, и всеми их
знаниями, будет ли с нас довольно?.. Нет, мы пойдем мимо и дальше».

Уолт Уитмен

«Совершенно ошибочен взгляд прагматизма, что
истина есть полезное для жизни. Истина может
быть вредна для устройства обыденной жизни».

Николай Бердяев

Со времени вторичного открытия законов Менделя наши представления о том, что есть Добро и Зло, Благо и Долг, само мировосприятие современного человека изменились самым радикальным образом. После выяснения биологической роли нуклеиновых кислот, открытия структуры молекулы ДНК, расшифровки генетического кода эти трансформации многократно ускорились, расширились по масштабам и углубились. Они вышли за пределы собственно естествознания, интегрировались в ментальность, стали, наконец, одним из доминирующих факторов современной экономики.

Современные генные технологии, наряду с компьютерной техникой и информатикой, с полным правом можно объединить в категорию информационных технологий. Их влияние на будущее цивилизации совпадает, и XXI век в равной мере можно назвать эрой компьютерных и генных технологий. На смену декартовскому «человек – машина» пришла иная метафора, иная когнитивная модель – «человек – программа». Оказывается, к тому же, что оба эти

афоризма способны объединиться в целостную идеологическую и методологическую концепцию. Это утверждение, может показаться, сформулировано излишне жестко. Но возьмем в руки одну из недавних публикаций военных медиков, посвященных проблемам отбора и профориентации в тех массовых профессиях, которые предъявляют повышенные требования к работающим: «Человек является информационной машиной. Зарождающиеся и уже существующие качественно новые информационные и энергетические связи делают современное общество, в том числе и производство, как бы единым организмом... Следовательно, механизмы регуляции различных его функций, часто основанные на этических правилах, должны иметь природу, присущую целостному организму... На основе этого механизма нужно разрабатывать комплекс правил, регулирующих поведение указанной системы»¹. Итак, «*информационное общество*», «*эра биотехнологии*» и «*общество риска*» выступают в массовом сознании начала третьего тысячелетия н. э. как синонимы.

Восприятие плюсов («социальное благо») и минусов («социальный риск»), проистекающих из развития современной фундаментальной науки и высоких технологий, четко тяготеет к двум альтернативным полюсам – оптимистическому (сциентистскому) и пессимистическому (гуманистическому). При самом элементарном анализе обеих точек зрения выясняется, что первая из них соответствует естественнонаучной эпистемологической модели, вторая – социогуманитарной. Там, где естествоиспытатель видит технологические *возможности*, гуманитарий обнаруживает социальные *дилеммы*. То, что естествоиспытатель рассматривает как вопрос *техники безопасности*, социолог и философ воспринимают как источник *социального и политического риска*. За всеми этими спорами очерчивается фигура экономиста-практика, бизнесмена, трансформирующего и предмет спора, и попытки его решения, и сам спор в *товар*, способный обеспечить успех на рынке.

¹ Кальниш В. В., Ена А. И. Целесообразность биоэтических ограничений в профессиональном психофизиологическом отборе и подходы к их разработке // Другой Национальный Конгресс з біоетики з міжнародною участю.– К., 2004.– С. 239 – 240.

Но для постсоветского геополитического пространства эта проблема имеет собственное – специфическое значение. Проходящие в Украине культурные, экономические и политические трансформации переходного периода повышают восприимчивость общества к любым рискованным факторам. Интеграция нового научного знания в ментальность носит характер импорта новых технологий и импорта идей, а, следовательно, значительно отстает от темпов культурной и ментальной адаптации украинского общества, систем этических приоритетов, идеологии, юридической системы и т. п. Поэтому социополитические аспекты развития науки и технологии становятся крайне важными с точки зрения анализа, прогнозирования и управления процессами формирования гражданского общества. Развитие науки и технологий манипулирования сознанием и биосоциальной природой человека могут (и приобретают) значение одного из главных факторов, определяющих исход столкновений политических концепций и результирующий вектор будущего развития украинского социума.

Итак, равнодействующая эпистемологических, культурно-психологических и социоэкономических трансформаций, инициированных современной наукой, определит вектор развития разумной жизни во Вселенной (или, по крайней мере, в том единственном ее варианте, который нам известен). Необходим методологический синтез, который позволит интегрировать все эти аспекты (естественнонаучный, философско-антропологический и социоэкономический) в целостное мировоззрение.

Эта задача – конечная цель некоей интеллектуальной эволюции, которая, по всей видимости, займет не одно десятилетие. Начало этого пути – сопоставление двух точек зрения на социальную функцию науки, двух философий, двух познавательных моделей.

Настоящая работа посвящена именно этому. В ее основе – два взгляда на опасности и перспективы «научно-технологического прогресса», лидером которого, определяющим лицо современной цивилизации, безусловно, являются сейчас информационные и биологические (точнее – генетические) технологии.

Авторы этих очерков – профессиональный генетик и биотехнолог, заведующий отделом молекулярно-генетических исследований

Института агроэкологии и биотехнологии УААН Украины, профессор В. И. Глазко (Часть I) и доктор философских наук, профессор кафедры философии и политологии Харьковского национального экономического университета В. Ф. Чешко (Часть II); им же осуществлена общая редакция всей рукописи и подготовка текста к печати.

Основная идея книги предопределила ее структуру – она принципиально дуалистична, построена как прямое столкновение двух когнитивных моделей, двух идеологий, между ее частями возможны (и, безусловно, имеются) логические противоречия, не исключены повторы. Книга – не «завершенное научное исследование», это – размышления и факты, исходный материал для дискуссии и синтеза. Между двумя ее частями лежит не истина, а проблема. Но в споре, как известно со времен Сократа, рождается истина.

ЧАСТЬ I

ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЯЕМОЙ ЭВОЛЮЦИИ – СТРАТЕГИЯ ВЫЖИВАНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Точка зрения генетика

ВВЕДЕНИЕ.

НАУКА И ТЕХНОЛОГИЯ В ИСТОРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Современная наука – продукт европейской культуры. Ее появлению человечество обязано трудам великих ученых – от Коперника до Галилея и Ньютона. Но водоразделом в науке стала публикация в 1686 г. «Математических начал натуральной философии» Исаака Ньютона – изложение его системы классической механики. Ньютон создал научную дисциплину, в течение двух последующих столетий служившую эталоном классической науки нового времени. Наука стала не только системой знания, но и сферой постоянной и весьма сложной творческой познавательной деятельности по его получению. Науки в этом качестве в прежние эпохи не существовало. В результате современное научное знание обладает как бы «двойной моралью». Во-первых, оно ценно само по себе. К науке обращаются, чтобы понять и объяснить. Во-вторых, ценность научного знания определяется его полезностью для человеческой деятельности. В зависимости от того, какой компонент преобладает, можно даже предсказывать судьбу государства. В качестве примера можно привести лысенковизм в СССР или развитие евгеники в нацистской Германии.

Незадолго до Второй мировой войны физики открыли принципиально новое явление – цепную реакцию, когда при распаде атомов выделялось энергии больше, чем затрачивалось на то, чтобы вызвать эту реакцию. Это открытие означало, что появилась реальная возможность создания атомной бомбы, несопоставимой по

силе взрыва со всем, что человечество в этом плане имело ранее. И буквально через несколько лет начались работы, завершившиеся разработкой технологии ее производства. То есть достижения фундаментальной науки сразу же стали рассматриваться с точки зрения возможностей их практического использования.

Вторая мировая война интенсифицировала процессы милитаризации науки, прямым следствием чего стали такие крупнейшие и имеющие не только военное значение технологии, как атомная энергетика, радиолокация, ракеты и выход человека в космос. Третья мировая война, получившая название «холодной», дала новые направления технологическим разработкам и инновациям. Они были настолько неожиданны и интересны во всех отношениях, что в 60-е и первой половине 70-х годов XX в. получили название *научно-технической революции* (НТР). К сожалению, СССР из-за бюрократизации науки не смог в полной мере освоить достижения НТР, отстал он и в развитии информационных технологий. Все остановилось, как обычно, на уровне решения партии и правительства, на уровне политических деклараций о значении НТР и о преимуществах социализма. Реальные шаги были сделаны лишь в военной области.

Хотя уже в то время – при изучении процесса развития научного знания – Д. Прайсом было показано, что существует устойчивая закономерность экспоненциального роста научного знания с периодом удвоения его объема, измеряемого числом публикаций в научных журналах, каждые 10 – 20 лет. Постиндустриальная наука XXI в. – величайшее достижение человеческого интеллекта, способное и привести человечество к новым блистающим вершинам, и погубить его. Но как повернется ход событий, зависит от человека, общества, а не от науки. Будем надеяться, что в новом столетии возобладает разум, а не безумие, гуманность, а не взаимная ненависть, наука, а не обскурантизм.

В биологии хорошо известно, что сохранение вида, в частности млекопитающих, к которым принадлежит и человек, обеспечивается наличием двух врожденных инстинктов – самосохранения и продолжения рода. Они выработаны путем естественного отбора и включают множество разнообразных характеристик, спектр кото-

рых имеет свои особенности у каждого вида. Но есть в этом и основной герой, основа жизни – ДНК и ее стабильность. Суть секрета – в устройстве молекулы ДНК, в ее двух комплементарных цепочках. А в самом деле, к чему излишества? Ведь и на одной цепочке-ленте можно было бы записать всю наследственную информацию. Да, записать-то можно, но трудно сохранить и точно воспроизводить.

Возраст жизни на Земле – почти четыре миллиарда лет. Это благодаря ДНК к нам, в сегодня, жизнь пробилась сквозь многие потрясения и катастрофы. Потрясшие Землю экологические катастрофы стерли с лица планеты динозавров, мамонтов и многие другие организмы. Следы их дошли до нас лишь в виде ископаемых. В куске каменного угля можно обнаружить отпечатки доисторического папоротника или окаменевшие раковины моллюска. В кусках янтаря – смоле реликтовых деревьев – можно разглядеть «мумии» насекомых. Какой-нибудь «запечатанный» в янтаре комар являет собой удивительное зрелище. Неисчислимый ряд поколений отделяет его от современных сородичей, казалось бы, он должен разительно отличаться от своих собратьев, родившихся в атомную эру. Но этого нет. Комар все тот же: природа пронесла облик насекомого из глубин тысячелетий в наше время почти не измененным. Внешние различия есть, но они не так разительны, как количество лет, разделяющих представителей одного и того же вида, рода.

Как же природе удается из века в век репродуцировать, раз за разом повторять свои изделия? И не приближенно, оставляя лишь главное, не заботясь о деталях, – а творить словно бы под копирку, добиваясь воспроизведения особенностей и даже самых мельчайших нюансов. Теперь мы знаем, что в фундаменте жизни лежит ДНК. Наследственность, изменчивость и отбор – вот основы, на которых держится жизнь и эволюция ее форм.

Время возникновения человека как вида оценивается по-разному, но во всяком случае не менее, чем несколькими сотнями тысяч лет. Центром его происхождения принято считать Африку, далее последовали сложные этапы и пути его распространения по земному шару. Для миграции человека было множество причин, ведущей из которых, возможно, являлось проявление инстинктов самосохранения и продолжения рода. Именно благодаря им человек для

своего выживания научился создавать для себя искусственную среду обитания. Это позволило ему осваивать все новые регионы. Очевидно, однако, что этот процесс сопровождался и существенными экологическими изменениями. Часто, захватывая новую область, человек настолько ее истощал, что возникала пустыня – например, знаменитая пустыня Сахара. Это приводило к дальнейшей миграции человека в пока более плодородные земли. Хозяйственная деятельность человека в конечном итоге приобрела роль геологического фактора глобального масштаба.

Одна из особенностей человеческого сознания состоит в том, что нам свойственно придавать приоритетное значение той информации, которая касается нас самих или наших близких. В то же время информация о событиях, несущих угрозу жизни, если эта угроза как-то отдалена во времени в будущее или носит вероятностный характер, в индивидуальном восприятии кажется менее достойной внимания. Например, высокая вероятность наступления преждевременной смерти мало кого отвратила от курения табака, зато какую бурю эмоций способно вызвать изменение вкуса привычной еды или технологии ее приготовления! Хороший пример – это противники ГМО.

Такая «абerrация важности» информации ведет к тому, что у общества большой отклик вызывает, например, проблема содержания нитратов в овощах, с которыми мы встречаемся практически ежедневно, притом самым непосредственным образом – за столом. Мы легко понимаем, что избыток нитратов угрожает нашему личному здоровью. В то же время совершенно реальная опасность разрушения озонового слоя атмосферы, угрожающая небывалым увеличением частоты генетических и раковых заболеваний, активацией опасных инфекционных болезней, настолько мало трогает большинство людей, что мало кто склонен отказаться, например, от употребления в быту аэрозольных баллончиков. А ведь фреон, выбрасываемый из них вместе с дезодорантом, лаком, краской или инсектицидом, – основной «истребитель» озона. Конечно, аварии на промышленных холодильных установках приводят к еще большему выбросам фреонов, но и бытовые аэрозоли играют заметную роль в повышении содержания фреонов в атмосфере (Розанов, 2001).

ТЕХНОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ В ЭПОХУ ГЛОБАЛИЗАЦИИ

Во второй половине XX в. наступает новая стадия развития человечества – стадия глобализации. Человечество впервые в истории столкнулось с глобальными опасностями и угрозами (ядерная катастрофа, смертельные болезни, связанные с необратимым нарушением иммунной защиты организма (СПИД, болезнь Эболи и т. д.), терроризм, техногенные катастрофы, так что разные народы были вынуждены прийти к осознанию своей единой планетарной судьбы. Комплекс животрепещущих глобальных проблем потребовал создания ряда крупных международных организаций (ООН, ЮНЕСКО, НАТО и т. п.) и еще невиданного в истории по масштабам международного сотрудничества.

Техногенные риски и катастрофы

Когда говорят о современной экологической ситуации, то в первую очередь говорят о том, что на слуху, например, об антропогенных изменениях климата, относя к ним и современное потепление, вызванное ростом концентрации CO_2 в атмосфере. Глобальное потепление – это климатическая проблема, а изменения среды – уже геоэкологическая проблема, связанная с эволюцией биосферы.

Необходимо подчеркнуть, что вся история человечества, его распространения по земному шару, сопровождались экологическими катастрофами и кризисами.

Считается, что 12 – 10 тыс. лет до н. э. произошло приручение азиатского горного безоарового козла (*Capra aegargus*), ставшего предком козы в Восточном Средиземноморье (Загрос, или Восточная Анатолия). К этому времени относится и первая экологическая катастрофа – опустынивание пастбищ вследствие перевыпаса.

7 – 4 тыс. лет до н. э. человек начал осваивать металл. В Месопотамии и долине Нила возникли первые классовые общества. Происходит первое великое общественное разделение труда между оседлыми земледельцами, для которых животноводство играло подсобную

роль, и скотоводческими пастушескими племенами. Земледелие привязало оседлые племена к земле, тогда как животноводы могли и должны были кочевать со стадами. Это время возникновения следующих экологических кризисов, связанных с развитием орошаемого земледелия – засоление и опустынивание пахотных земель.

Экологические катастрофы, вызванные деятельностью человека, продолжались. Например, в результате брака халдейского правителя Навуходоносора с египетской царицей Никотрис 582 г. до н. э., приехавшие вместе с царицей египетские советники перенесли свои приемы мелиорации с Нила на Евфрат, что быстро вызвало засоление почв. Исправить последствие пагубной мелиорации уже никому не удалось.

Хорошо известны и современные экологические кризисы, например, в 1952 – 1991 гг.: продолжающиеся опустынивания, в частности от перевыпаса животных. Так, на территории Калмыкии и Дагестана в 1952 г. было 25 тыс. гектаров подвижных песков, к 1991 г. их площадь возросла до 1 млн 200 тыс. га, т. е. в 50 раз.

В настоящее время уже имеются сводки наиболее масштабных техногенных катастроф XX века, которые существенно влияют на глобальную экологию, некоторые из них представлены в табл. 1 – 3.

Таблица 1

Наиболее крупные промышленные аварии в мире (1974 – 1987 гг.) (Smets H.L'importance Croissante des Risques Industriels. Universitete de Paris I Pantheon Sorbonne. 29.09.87)

Дата	Страна и место	Причины катастрофы	Вещество – причина аварии или ее последствие	Число погибших	Число пострадавших	Число эвакуированных
1	2	3	4	5	6	7
1974						
01.06	Великобритания, Фликсборо	Взрыв	Циклогексан	28	89	3000
19.07	США, Декейтер	Железнодорожная авария	Изобутан	7	152	0

«ОПАСНОЕ ЗНАНИЕ» В «ОБЩЕСТВЕ РИСКА» (век генетики и биотехнологии)

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
06.08	США, Веначи	Взрыв (при железнодорожной перевозке)	Моноэтил аммоний	2	113	0
21.09	США, Хьюстон	То же	Бутадиен	1	235	0
1975						
30.04	США, Игла-Пасс*	Взрыв (при перевозке)	Жидкий пропан	17	34	0
13.04	Финляндия, Хаймштеттен	Пожар на складе	Окись азота	0	0	10000
07.11	Голландия, Бик	Взрыв	Пропилен	14	104	0
14.12	США, Ниагара-Фолс	Взрыв на заводе	Хлор	4	176	0
1976						
03	США, Дир-Парк	Автокатастрофа	Аммиак	5	200	0
13.04	Финляндия, Лапуа	Взрыв	Взрывчатые вещества	43	–	0
11.05	США, Хьюстон	Автокатастрофа	Аммиак	6	178	0
10.07	Италия, Севезо	Утечка	Диоксин	0	193	730
10.12	США, Батон-Руж	Взрыв на заводе	Хлор	4	176	0
–	США, Лос-Анджелес	Пожар	Хлор	0	72	2000
1977						
30.09	США, Филадельфия	Утечка	Хлор	0	200	1000
–	Южная Корея, Ири	Взрыв поезда	Взрывчатые вещества	56	–	0
–	Мексика	Пожар на заводе	Аммиак	2	102	0
1980						
10.03	Франция, Бретань*	Катастрофа танкера «Танио»	Сырая нефть	0	0	0

1	2	3	4	5	6	7
03.04	США, Соммервилл	Столкновение поездов	Трихлор фосфора	0	343	23000
03.05	Индия, Манрид Азод	Взрыв на заводе	Взрывчатые вещества	50	–	0
05.06	Малайзия, Порт-Келанг	Взрыв/пожар	Аммиак/оксиацетилен	3	200	3000
06.06	США, Гарленд	Сход поезда с рельсов	Стирен	0	5	8600
26.07	США, Мальдро		Хлорвинил	0	4	6500
27.07	США, Нью-Йорк	Пожар при железнодорожной перевозке	Окись этилена	0	0	4000
24.08	Индия	Взрыв на заводе	Взрывчатые вещества	40	–	0
26.11	Тайланд, Бангкок	Взрыв на военном складе	Взрывчатые вещества	54	–	0
–	Великобритания, Баркинг	Пожар на заводе	Цианид натрия	0	12	3500
–	Норвегия, А. Килланд	Авария на нефтяной платформе	Нефть	123	0	0
–	США, Аляска	Пожар на нефтяной платформе	Нефть	51	0	0
–	Канада, Оуши Рэнджер	Авария на нефтяной платформе	Нефть	84	0	0
–	США, Форт-Нокс	Пожар при железнодорожной перевозке	Хлорвинил	0	–	3000
1981						
19.05	Пуэрто-Рико, Сан-Хуан	Разрушение задвижки на заводе	Хлор	0	200	2000

«ОПАСНОЕ ЗНАНИЕ» В «ОБЩЕСТВЕ РИСКА» (век генетики и биотехнологии)

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
01.06	США, Гейзмар	Завод	–	0	140	–
31.07	США, Моа	Склад	–	0	0	2000
01.08	Мексика, Монтана	Сход поезда с рельсов	Хлор	28	1000	5000
12	Перу, Галлао	Взрыв трубопровода	Тетраэтил	0	–	3000
–	Мексика, Матаморос	Завод химических удобрений	Аммиак	0	200	3000
–	Румыния	Взрыв на заводе	–	100	100	–
1985						
01	Индия, Джавалпур	Пожар резервуаров	Гидросульфат натрия	0	100	0
01	Бразилия, Кубатан	Завод химических удобрений	Аммиак	0	300	5000
11.08	США, Институт	Пожар	Оксид альди-углерода	0	140	–
09	Индия, Тамил, Наду	Автокатастрофа	Бензин	60	–	0
–	Италия, Неаполь	Пожар резервуара	Бензин	4	200	–
1986						
26.04	СССР, Чернобыль	Взрыв реактора	Радиоактивность	31	299	135000
08.08	США, Майамисберг	Железнодорожная авария, пожар	Фосфор	0	14	30000
01.11	Швеция, Балэ*	Пожар на складе	Гербициды	0	0	0
1987						
11.04	США, Питтсбург	Сход поезда с рельсов	Восьмихлористый фосфор	0	0	16000

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
14.04	США, Солт-Лейк-Сити	Завод	Трихлорэтилен	1	6	30000
16.06	Индия, Бхопал	Паника на заводе	Аммиак	0	0	20000

* Критерии при отборе аварий: более 50 погибших или более 100 раненых, или более 2000 эвакуированных, или ущерб вне места катастрофы более 50 млн долл. (в ценах 1987 г.).

Таблица 2

Наиболее серьезные аварии плотин в мире (1959 – 1987 гг.)
(Smets H. L'importance Croissante des Risques Industriels.
Universitete de Paris I Pantheon Sorbonne. 29.09.87)

Год	Место	Страна	Число погибших	Материальный ущерб, млн долл. (в ценах 1984 г.)
1	2	3	4	5
1959	Вега де Тера	Испания	144 – 400	–
	Малпасе	Франция	421	68
1969	Орос	Бразилия	1000	–
1961	Бабий Яр, Киев	СССР	145	–
	Сунчон-Хиокири	Южная Корея	250	–
1963	Вайон	Италия	2118	30
	Квебрада Ла Чапа	Колумбия	250	–
	Болумн Хилз (Калифорния)	США	3	50
1967	Панаксагар	Индия	100	–
	Семпор	Индонезия	200	–
1969	Парди	Аргентина	100	20
1972	Толедон	Колумбия	60	–
	Каньон-Лэйк (Южная Дакота)	США	231	115
	Буффало-Крик (Западная Вирджиния)	США	129	26

«ОПАСНОЕ ЗНАНИЕ» В «ОБЩЕСТВЕ РИСКА» (век генетики и биотехнологии)

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
1976	Тетонс (Айдахо)	США	11	407
	Дель-Монтэ	Колумбия	80	–
	Санто-Томас	Филиппины	80	–
1977	Лимпопо	Мозамбик	300	–
	Токоа (Джорджия)	США	39	3
	Эвклидес де Гунья	Бразилия	–	60
	Амонда Саллес де Оливерра	Бразилия	–	60
1978	Бахера	Непал	500	–
1979	Морви-Маччу 2	Индия	5 – 15000	–
1980	Оресса	Индия	1000	–
1981	Карнатака	Индия	120	–
1982	–	Либерия	200	–
1983	Львов (Днестр)	СССР	–	Загрязнения
	Кундинамарка	Колумбия	150	–
1985	Теззерон	Италия	264	–
1987	Таджикистан	СССР	40	–
	Питанга	Бразилия	–	Загрязнение

Таблица 3

Хронология некоторых событий, связанных с развитием ядерного оружия и атомной энергетики

Дата	Событие
1	2
1896	Открытие первого ядерного явления – радиоактивности естественного урана (А. Беккерель)
6 августа 1945 г.	В 1:30 утра метеорологический самолет-разведчик покинул базу США на острове Тиньян в западной части Тихого океана. В 2:45 бомбардировщик «Enola Gay» с атомной бомбой «Littel Boy» на борту взлетел в сопровождении самолетов-разведчиков и сбросил бомбу с высоты 9.480 м в 8:15 по местному времени. Атомная бомба (235U) мощностью 12,5 кт взорвалась спустя 43 с на высоте около 600 м над Хиросимой.

1	2
9 августа 1945 г.	Максимальная температура в точке взрыва достигала нескольких миллионов градусов. Огненный шар радиусом 15 м сформировался за 0,1 мс и имел температуру 300000°C. Вершина атомного облака находилась на высоте 17000 м. Погибли 140000 человек, пострадали 352 000. В 2:45 бомбардировщик В-29 «Восксаг» взлетел в Тиньяне для бомбардировки Кокуры. Однако над Кокурой небо было облачным и был взят курс на вторую цель – Нагасаки. В 10:58 самолет находился в небе над промышленной зоной Нагасаки. Атомная бомба (239Pu) «Fat Man» мощностью 22 кт была сброшена с высоты 9000 м и взорвалась в 11:02 по местному времени на высоте 500 м над северной частью Нагасаки. 73 884 человек погибли, 74 909 получили тяжелые ранения, 120 820 человек лишились крова. С лица земли были стерты 6702300 м ² строений.
Сентябрь 1945 г.	Начало совместных американских и японских исследований медицинских последствий атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки.
Середина 40-х гг.	Массовые выбросы в атмосферу ок. 600 ККюри ¹³¹ I на крупнейшем промышленном атомном объекте США в г. Хэнфорд. Никаких мер защиты населения не осуществлялось: у части детей, проживающих вокруг объекта, дозы облучения щитовидной железы достигали 30 Гр. Только спустя 40 лет эти сведения были рассекречены.
1949 – 1956 гг.	76 млн м ³ радиоактивных отходов производственного объединения «Маяк» общей активностью 2,75 МКюри были сброшены в р. Теча. 124 000 местных жителей подверглись внешнему и внутреннему облучению.
1953 г.	Выброс радиоактивных веществ в окружающую среду из аварийного ядерного реактора в Аргоннской национальной лаборатории США.
1 марта 1954 г.	США провели первые испытания термоядерной бомбы на полигонах в Энветоке на Маналловых островах. Неожиданные изменения в направлении ветра, возникшие непосредственно за взрывом, привели к осаджению радиоактивных веществ на населенных атоллах и кораблях объединенной Временной группы 7, которая проводила эти испытания. Общее количество облученных – 267 человек. Команда (23 рыбака) японского рыболовного судна «Fukuryu Maru» («The № 5 Lucky Dragon»), случайно находившегося в зоне выпадения радиоактивных осадков, также пострадала от радиоактивного пепла Бикини.
29 сентября 1954 г.	Радиационная Крыштымская авария на производственном объединении «Маяк», приведшая к выбросу 20 МКюри радиоактивных веществ. 270000 жителей Челябинской, Свердловской и Тюменской областей подверглись внешнему и внутреннему облучению.

1	2
10 октября 1957г.	На атомном реакторе в Windscale (Великобритания) произошла авария, в результате которой выброс в атмосферу составил около 21 ККюри радиоактивных веществ. Погибли 13 работников ядерного центра.
1958 г.	Катастрофа в Национальной лаборатории в Лос-Аламосе (США). 15 272 человека подверглись внутреннему облучению плутонием и общему внешнему облучению.
Весна 1967 г.	Радиационная авария на производственном объединении «Маяк» на озере Карачай, приведшая к загрязнению 2700 км ² территории и облучению 41 000 людей.
20 мая 1970 г.	Радиационная авария на АЭС Индиан-Поинт-1 (США).
Декабрь 1971 г.	Радиационная авария на АЭС в г. Сакстоне. Выброс радиоактивных газов в окружающую среду составил $72,89 \cdot 10^{10}$ Бк (19,7 Кюри).
Апрель 1975 г.	Atomic Bomb Casualty Commission (ABCC) в Хиросиме и Нагасаки реорганизована в Radiation Effects Research Foundation (RERF) – бинациональную (японско-американскую) организацию, предназначенную для изучения, применения и распространения знаний о медицинских последствиях у переживших атомные бомбардировки в Хиросиме и Нагасаки (годовой бюджет в 1993 г. составлял 4620 млн йен \approx \$46,2 млн).
28 марта 1979 г.	Радиационная авария на атомной станции Three Mile Island, Пенсильвания, США, стала наиболее серьезной аварией за всю историю ядерной энергетики до этого времени. Системы герметизации и очистки привели к значительному снижению радиоактивного загрязнения окружающей среды: было выброшено около $9,25 \cdot 10^{10}$ МБк (2,5 МКюри) радиоактивных благородных газов и $55,5 \cdot 10^{10}$ Бк (15 ККюри) радиоактивного йода.
26 апреля 1986 г.	Чернобыльская авария, явившаяся наиболее крупной техногенной радиоэкологической катастрофой на планете, в результате которой было выброшено в окружающую среду 50 – 340 МКюри (по разным источникам) радиоактивных веществ. В 1986 г. острая лучевая болезнь была установлена у 237 пациентов. Из них 29 погибли в сроки от 7 до 96 суток.

Можно выделить несколько основных глобальных критериев экологической катастрофы.

1. Геохимические изменения состава атмосферы и гидросферы – катастрофический рост концентрации в воздухе и воде

радионуклидов, тяжелых металлов и в особенности искусственных химических.

2. Почва. Почвы формируются в результате совокупной деятельности многих факторов на протяжении сотен и тысяч лет. Черноземные почвы формировались в рамках степного биоценоза ныне почти полностью исчезнувшего умеренного пояса на протяжении последних 10 тыс. лет. Скорость техногенной деградации почв – главного кормильца населения Земли – на порядок превосходит процессы их восстановления.

За каждое десятилетие утрачивается около 2% пашни в результате урбанизации. Сейчас доля земель, используемых в сельском хозяйстве, изменяется от менее 10% (в Финляндии) до более 70% (в Венгрии, Ирландии, Украине и Великобритании). Лесопокрываемые территории занимают от 6% (в Ирландии) до 66% (в Финляндии). Основная роль почв в функционировании экосистем определяет важное значение мер по защите от неприемлемых антропогенных воздействий. Эта проблема стала особенно острой ввиду интенсивных процессов деградации почв, особенно – потери плодородия (снижение концентрации гумуса). 115 млн га почв Европы подвержены эрозии, что обуславливает потерю их плодородия и загрязнение водных бассейнов. На 75 млн га лесных почв превышены критические уровни загрязнения, определяющие начало процесса закисления. Следствиями неумеренного использования минеральных удобрений стал их смыв речным стоком и интенсификация эвтрофирования, а также загрязнение питьевой воды нитратами.

3. Ландшафты. В Европе из-за интенсификации сельского хозяйства, активного развития городов и транспортных систем идут не только процессы изменения и деградации, но и исчезновения ландшафтов. Лишь 6% территории суши Европы относится к категории охраняемых земель, но и в этих случаях их юридический статус определен нечетко.

Обсуждение мер по охране фауны и флоры обычно базируется на выделении семи групп видов, причем особое внимание уделено видам, внесенным в Красную книгу.

4. Города. Сейчас в них проживает около 2/3 населения Европы, хотя суммарная площадь городов составляет около 1%, по отношению к территории суши континента.

5. Вода. Чистая вода на Земле – проблема. Почти везде на планете идут кислотные дожди. Водная фауна третьей части всех озер мира уже погибла. В реки втекают потоки загрязненных стоков. Для очищения их требуется 50 – 100-кратное разбавление чистой водой, т. е. 75 – 150 тыс. км³, в то время как объем мирового речного стока не превышает 45 тыс. км³. Идет интенсивное загрязнение подземных артезианских вод и озер, даже таких гигантских, как Байкал и Ладога.

Внутренние воды. Анализ состояния рек, озер и подземных вод показал, что в среднем для Европы ежегодно утрачивается около 15% возобновляемых водных ресурсов. Распределение водопотребления происходит таким образом: 53% – промышленность, 26% – сельское хозяйство, 19% – бытовое водопотребление; 65% населения обеспечивается водой из подземных источников, в результате чего для многих из них типичен запороговый уровень эксплуатации и снижающийся уровень качества вод. На большей части континента нарушены стандарты ЕС по ПДК нитратов и пестицидов в питьевой воде. Широко распространилась антропогенная эвтрофикация рек и озер. Для большей части северных стран характерен высокий уровень закисления водоемов.

Моря. В шести основных европейских морях (Средиземное, Черное, Баренцево, Норвежское, Балтийское, Северное) и в Северной Атлантике отсутствует эффективное управление на водосборах; загрязнены прибрежные зоны; идет процесс эвтрофирования; существуют конфликтные ситуации в использовании ресурсов прибрежных зон; происходит заселение новыми видами организмов; отсутствует контроль над различными видами деятельности в прибрежных зонах; идет чрезмерно интенсивная эксплуатация морских ресурсов; возможно повышение уровня моря в результате глобального потепления.

Данные наблюдений указывают на то, что все моря (за исключением субарктических) подвержены эвтрофированию. Концентрация нитратов в прибрежных водах Черного и Азовского морей возросла

в 2 – 3 раза. Следствием недостаточного контроля за деятельностью человека в прибрежных зонах Балтийского, Черного и Каспийского морей является их сильное загрязнение. Загрязнение Северного моря оказало губительное воздействие на ряд представителей его фауны. В Средиземном море оказались под угрозой исчезновения некоторые эндемичные виды.

6. Леса. За XX в. было вырублено 40% лесов, оставшихся на планете. Площадь амазонской сельвы уменьшается в год на 1,25%. За год здесь исчезает 27 тыс. видов организмов (3 вида в час). По расчетам специалистов, при сохранении современных темпов вырубки лесов они исчезнут к середине XXI в. Ясно, что индикаторы возобновимых природных ресурсов биосферы либо перешли, либо близки к переходу в невозобновимые.

7. Атмосфера. Если исчезнут леса и болота, поставляющие 30% кислорода, и будет продолжаться загрязнение океана пленкой нефти, убивающей планктонные организмы, вырабатывающие 70% кислорода планеты, то содержание его в атмосфере начнет резко сокращаться. Уже сейчас некоторые страны, в том числе США, и некоторые области России, например, Кемеровская, потребляют кислорода больше, чем производится на их территории растительностью.

Динамика качества *воздуха* в Европе за последние годы была противоречивой. С одной стороны, произошло уменьшение выбросов сернистого газа, а с другой – усилилось загрязнение атмосферы другими газами. Для большинства европейских городов характерно возникновение не реже раза в год кратковременных эпизодов загрязнения, когда их уровень превосходит стандарты, установленные Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). Более 100 млн жителей Европы подвергаются воздействию кратковременных повышений концентрации приземного озона. Серьезной проблемой является повышение концентрации парниковых газов и спад общего содержания озона. На более чем 60% территории Европы превышены критические уровни загрязнений, ведущих к закислению окружающей среды.

8. Технологическая готовность государств и отдельных социальных групп разделенного мира к самоуничтожению ци-

визации. Взрывная мощь накопленного ядерного оружия эквивалентна 1,2 млн хиросимских бомб и в 1636 раз превышает таковую всех войн истории. Огромны запасы химического оружия. Террористические акты в США 11 сентября 2001 г. снова вызвали к жизни сомнение относительно тезиса о конце противостояния связи с утверждением, что мы стали свидетелями «столкновения цивилизаций» Запада и Востока. По нашему мнению, эти события ничего подобного не доказывают, это более сложная вещь, связанная с историей, менталитетом и т. д. Но на что эти события действительно указывают, так это на то, что *наука и технология, которые порождают современный мир, сами по себе являются ключевыми уязвимыми точками нашей цивилизации.* Самолеты, небоскребы и биологические лаборатории – все эти символы современности – были превращены в оружие одним прикосновением злонамеренной изобретательности.

9. Наличие бактериологического, токсинного, генного оружия. Зона поражения ими в 400 раз превышает подобную территорию для ядерного оружия. Производство его дешево и может вестись скрытно. Формы его разнообразны. Меры медицинской защиты сложны и всегда будут запоздалыми. В силу этого в будущих войнах противниками великих ядерных держав вполне могут стать малые страны и даже банды преступников и фанатиков. Возникновение биотерроризма как вполне реальной угрозы указывает на необходимость большего политического контроля над применением науки и технологии.

10. Психо-информационный шок человечества. Имеются данные о воздействии на живые организмы электромагнитного излучения (ЭМИ – *электронный смог*). Их эффекты, как предполагают, влияют на деятельность мозга и эндокринной системы, могут вызывать психические расстройства. Излучение разрушающе воздействует на живое, оно уменьшает концентрацию K^+ и Na^+ на мембране эритроцитов, вызывает выход калия из клеток и их гибель. Описаны и другие патологические проявления.

11. По расчетам, основанным на скорости вымирания видов в наше время, половины ныне живущих на Земле видов мы мо-

жем лишиться всего за 40 – 50 лет. Естественные эволюционные процессы, очевидно, не способны будут компенсировать столь катастрофическое уменьшение видового разнообразия, что приведет к глубокой деградации большинства экосистем.

Из анализа палеонтологических данных следует, что среднее время существования вида составляет от 1 до 10 млн лет. Нормальный темп вымирания, происходящего в процессе эволюционного развития форм жизни и с избытком компенсируемого возникновением новых видов, составляет примерно $10^{-5}\%$ в год, возрастая при массовых вымираниях на два порядка. Достаточно привести современный темп вымирания, составляющий 0,5% видов в год (то есть в 500 – 1000 раз превосходящий катастрофические вымирания пермского и мелового периодов), чтобы понять, что сохранение существующей тенденции неизбежно приведет к кардинальным изменениям всей биосферы, к наступлению новой геохронологической эры – «посткайнозойской», или «антропогенной». Она будет отличаться от нашей не только составом животного и растительного мира, но и всем комплексом физико-химических условий: составом атмосферы, тепловым режимом, распределением осадков и многими другими столь важными для жизни людей характеристиками среды. Известный американский эколог Эрлих считает, что последствия потери биоразнообразия для человечества сравнимы с вероятными последствиями мировой ядерной войны и «ядерной зимы», что будет означать конец человеческой цивилизации в ближайшие 100 лет.

Кроме того, интенсификация процессов эволюции обязательно приведет к появлению большого числа новых форм жизни, особенно наиболее быстро эволюционирующих групп с коротким жизненным циклом – микроорганизмов, простейших, низших червей, насекомых. Таким образом, не сумев сохранить видовое разнообразие жизни, человечество станет заложником стихийных эволюционных процессов. Познание причин вымирания одних видов и возникновения других, разработка и реализация разных способов сохранения современных видов животных, растений, грибов и микроорганизмов, которые создают единственно пригодную для жизни людей

природную среду – путь к предотвращению опасного развития этой стороны экологического кризиса.

Высокий уровень видового разнообразия жизни – одно из необходимых условий сохранения основных характеристик природной среды, единственной среды обитания человека. Современный газовый состав атмосферы, системы самоочистки воды, механизмы взаимодействия множества видов от микроорганизмов до крупных млекопитающих, включая человека, сложились в процессе длительной эволюции постепенно усложнявшихся экосистем. Основные процессы в биосфере, от которых зависит возможность существования человека – биоависимые процессы. Катастрофическое падение видового разнообразия жизни на Земле, в сотни и тысячи раз более интенсивное, чем те, которые характеризовали наиболее значительные известные науке биосферные катастрофы – пермскую и меловую – угрожает через несколько десятилетий стать необратимым, что сделает человечество заложником стихийных эволюционных процессов.

Еще один практически невозобновимый ресурс – генофонд биосферы. Ежегодные потери множества видов растений и животных не компенсируются эволюционным процессом, скорость которого на 3 – 4 порядка меньше, чем нынешняя скорость вымирания видов. И если другие невозобновимые ресурсы можно хотя бы экономить, например, за счет вторичной переработки, введения новых, ресурсосберегающих технологий, частично заменять одни ресурсы другими, то генофонд нельзя «сэкономить», его можно лишь сохранять или терять, причем мы уже хорошо знаем, что эти потери необратимы.

12. Особую опасность для чистоты природных вод и состояния экосистем представляет *применение на полях различных ядохимикатов и избыточных доз минеральных удобрений*. Каждый год на миллионах гектаров распыляются инсектициды, фунгициды, гербициды – яды, применяемые для подавления насекомых, грибковых заболеваний растений, сорняков. Все они очень токсичны. Многие из них химически очень устойчивы, а некоторые, попадая в почву и проходя там ряд химических превращений, становятся еще более ядовитыми. Мигрируя вместе с грунтовыми водами, эти ве-

щества (их общее название пестициды) рано или поздно попадают в реки и озера, проникают в подземные воды. В 70-е годы в штате Калифорния были закрыты более 50% всех артезианских скважин из-за того, что в подземных водах в опасном количестве появились пестициды.

13. В ряде районов мира занятие сельским хозяйством стало одним из видов деятельности, наиболее опасных для здоровья людей именно из-за насыщенности ядохимикатами природной среды обитания сельских жителей. Невозможно изобрести такие очистные сооружения, которые могли бы предотвратить попадание в водоемы ядохимикатов, рассеиваемых по огромным территориям сельскохозяйственных угодий. Поэтому дальнейшее совершенствование системы защиты растений должно быть ориентировано не на еще большее усиление химической защиты, а на переход к защите биологической.

Инстинкт самосохранения и увеличение плотности населения приводил к все ускоряющемуся развитию методов создания искусственной среды обитания и получения продуктов питания. При этом была иллюзия бесконечности природных ресурсов и необходимости только научиться их полноценно использовать. Известен лозунг начала XX века о том, что мы не можем ждать милостей от природы... Это реализовалось в технической революции конца XIX – начала XX веков. В XX в. началась эпоха химизации сельского хозяйства. Наконец, к 60-м годам агрессивное отношение человека к окружающей среде привело к постепенной глобализации экологических изменений, даже к изменениям климата. Может быть, именно инстинкт самосохранения и привел к мощному развитию в эти годы космических исследований.

Особенно много хлора и окислов азота выделяют твердотопливные ракетные двигатели. Например, при каждом запуске американского космического челнока системы «Шаттл» его твердотопливные ускорители на высотах до 50 км, то есть в самом озоновом слое, выбрасывают 187 т хлора и хлористого водорода и 7 т окислов азота. Этого количества хватает на то, чтобы уничтожить 10 миллионов тонн озона, или 0,3% его общего содержания в атмосфере. Рос-

сийская ракета системы «Энергия» использует в качестве топлива водород и кислород, поэтому в ее выхлопе полностью отсутствуют хлор и окислы азота. Небольшое их количество образуется только при контакте высокотемпературной газовой струи выхлопа с азотом и кислородом воздуха. Использование экологически чистого топлива делает ее в 7 тысяч раз менее опасной для озонового экрана, чем система «Шаттл». По-видимому, это свидетельствует не столько об «отставании» одной космической державы от другой, особенно если учесть, что система «Шаттл» стала работоспособной намного раньше «Энергии», сколько об объективной необходимости максимального объединения усилий и разработок ведущих космических держав в работах по освоению космоса.

Казалось бы, количество озона в атмосфере очень велико – около 3 миллиардов тонн. Это, однако, ничтожная доля всей атмосферы. Если бы весь озон атмосферы находился в приземном слое воздуха, то при «нормальных условиях» (давление 1 атмосфера и температура 25 градусов Цельсия) толщина озонового экрана, защищающего Землю от жесткого УФ-излучения Солнца, составляла бы всего около 3 мм. Вместе с тем эффективность озонового экрана очень велика. В частности, специалистами рассчитано, что *снижение содержания озона на 1% ведет к такому повышению интенсивности УФ-облучения поверхности, в результате которого количество смертей от рака кожи возрастает на 6 – 7 тысяч человек в год.*

Интересно эту цифру рассмотреть с точки зрения нашего восприятия степени опасности экологических нарушений. Каждый запуск американского космического корабля многоразового пользования системы «Шаттл» уничтожает до 10 миллионов тонн озона, или около 0,3% всего его количества. Значит, это приводит к гибели от рака кожи, по крайней мере, 1000 человек. Однако эта абстрактная тысяча безвестных умерших нам незнакома, – их гибель растянута во времени и умирают они в разных странах. В каждом конкретном случае нельзя сказать, что рак кожи у данного больного был вызван именно повышенным УФ-облучением. И эта тысяча умерших не вызывает у нас той сильной эмоциональной реакции, какую вызвало в свое время известие о гибели шести американских

астронавтов при одном из запусков «Шаттла», сопровождавшееся к тому же многократным показом видеозаписи взрыва корабля через несколько десятков секунд после старта. Конечно, гибель этих шести отважных людей – страшная трагедия. Но еще большая трагедия – наше равнодушие к мучительной смерти тысячи людей, погибающих после каждого удачного запуска «Шаттла». Мы ведь не знаем, кто именно и в какой стране погиб из-за того, что твердотопливные ускорители ракетной системы выбросили прямо в озоновый слой свои 187 т хлора.

Озон, трехатомная форма кислорода, образуется в верхних слоях атмосферы под действием жесткого (коротковолнового) ультрафиолетового излучения Солнца. Благодаря способности задерживать это излучение, озон создает экран, защищающий все формы жизни на суше, включая человека, от канцерогенного и мутагенного действия УФ-излучения. Загрязнение воздуха хлором и его соединениями, резко усилившееся с развитием холодильной техники на фреонах, а также выбросами двигателей высотной авиации и ракет с твердотопливными двигателями, ведет к прогрессирующему ослаблению озонового слоя. Для преодоления этой опасности необходимы согласованные действия всех развитых стран по разработке новых, безопасных для озонового слоя, технологий в промышленности и на транспорте, включая ракетную технику (Розанов, 2001).

Однако ничего особо утешительного они не принесли. При столь стремительных экологических изменениях стало очевидным: человек не сможет успеть найти себе новую среду обитания на другой планете, то есть поступить так, как он поступал обычно в соответствии со своей биологически запрограммированной стратегией поведения: истощив один регион – мигрировать в следующий. Проблема обострилась еще и тем, что в результате технологической революции, химизации сельского хозяйства и медицины среда обитания человека оказалась насыщенной их отходами, различными генотоксическими и мутагенными веществами, для которых отсутствуют государственные границы и различия в уровнях жизни различных слоев населения. Появились новые болезни, а старые приобрели новые качества, их возбудители уже несут устойчивость к широкому

спектру антибиотиков. Насыщенность среды обитания продуктами искусственного химического синтеза, ксенобиотиками привела к массовым изменениям работы иммунной системы у человека. Широкое распространение получили аутоиммунные заболевания. Принято считать, что около 80% онкологических заболеваний человека обусловлено загрязнением окружающей среды генотоксическими агентами, и процент их каждый год последовательно нарастает.

То есть настало время, когда *возможность самосохранения человека как вида путем агрессивного изменения окружающей среды становится принципиально нереальной*. Где же выход?

Один из таких выходов – не бороться с природой, а подражать ей.

В принципе всю жизнь человек пользовался этим путем, создавая новые формы животных и растений, нужные для него. Всю историю человечества, начиная с одомашнивания первого животного, первого растения, происходила их совместная, сопряженная эволюция. Проблема заключалась только в том, что скорость этой эволюции сельскохозяйственных видов была много меньше, чем нужно человеку. Крайне остро этот разрыв стал ощутим именно в XX веке. Тут и появилась эта новая задача: *для того, чтобы выжить – человечеству нужно научиться управлять скоростью эволюции живых организмов*. А как это сделать? Подсмотреть, как эволюционируют виды в живой природе и попробовать использовать ее приемы. С постановки такой задачи и начала развиваться генная инженерия, методы получения генетически модифицированных организмов.

Генетика оформилась как наука в начале XX в. после переоткрытия законов Менделя. Бурный столетний период ее развития ознаменован в последние годы расшифровкой нуклеотидного состава геномной ДНК десятков видов вирусов, бактерий, грибов и вслед за ними ряда многоклеточных организмов – растения арабидопсис (*Arabidopsis thaliana*), нематода (*Caenorhabditis elegans*), дрозофила, человек. Полным ходом идет секвенирование ДНК хромосом важных культурных растений – риса, кукурузы, пшеницы.

Кроме того, появилась и бурно развивается генная терапия наследственных болезней, производство генетически измененных

форм растений, успешное соматическое клонирование млекопитающих (овца Долли), появление молекулярной палеогенетики – впечатляющие реалии современной науки. ДНК-технология и биотехнология с ясностью их методов, задач и публичной эффективностью успехов трансформировали облик генетики и современного общества.

Генная инженерия по своей сути не является чем-то качественно отличающимся от естественных процессов, чем-то чужеродным для живых объектов, как, например, получение искусственно синтезированных химических соединений, отсутствующих в природе, а наоборот, представляет собой повторение подсмотренных в природе приемов.

Получение трансгенных растений ныне превратилось в довольно рутинную технологию решения практических задач, которыми занимаются как научные учреждения, так и коммерческие фирмы.

В настоящее время у 120 видов растений существуют трансгенные формы. Разрешено использование трансгенных сои, кукурузы, хлопка, рапса, картофеля, томатов, свеклы, тыквы, табака, папайи, льна; заканчиваются испытания трансгенного риса и пшеницы. Трансгенные растения выращиваются в 11 странах мира: США, Китае, Аргентине, Канаде, Австралии, Мексике, Испании, Франции, Южной Африке, Португалии и Румынии. В 2000 г. ими была занята площадь около 40 млн га.

С использованием трансгенных растений были решены такие проблемы, как гербицидоустойчивость, устойчивость к насекомым, вирусам, грибковым и бактериальным заболеваниям, регуляция сроков созревания, повышение общей продуктивности, съедобные вакцины. Сегодня выращивается 71% трансгенных растений, устойчивых к гербицидам, 22% – к вредителям и 7% – к гербицидам и вредителям (в основном соя, кукуруза, хлопок, рапс). Идет поиск подходов к резкому повышению продуктивности растений (В. К. Шумный, 2001).

Считается, что трансгеноз у растений и животных – наиболее перспективная биотехнология для решения продовольственной и медицинской проблем на ближайшее десятилетие. Трансгенные животные – козы, овцы, свиньи, коровы – используются для секреции под управлением «генов молока» высокоактивных биологических

веществ для медицины и фармакологии. Уже прошли лицензирование и поступили на рынок полученные через трансгенных животных антитрипсин, применяемый при легочных заболеваниях, антитромбин III – для предотвращения инфарктов и инсультов; факторы свертываемости крови, белок С, обладающий защитными функциями, и ряд других (В. К. Шумный, 2001).

Так как трансгенные растения устойчивы к болезням и вредителям, не исключается повышение устойчивости самих возбудителей болезней и тех же насекомых-вредителей, то есть их коэволюция. Это вторая проблема, последствия которой необходимо предвидеть. Возможно, что, создавая устойчивость у растений, мы стимулируем процесс отбора более устойчивых возбудителей и вредителей. Естественно, трансгеноз вызывает весьма ощутимые последствия, которые нужно тщательно изучать.

Если внимательно присмотреться, то можно заметить, что все в нашей жизни и чуть ли не все технологические чудеса основаны, в конечном счете, на достижениях фундаментальной науки, то есть на вроде бы не имеющих явных прикладных аспектов результатах, которые интересны разве что для окончательно оторвавшихся от жизни и народа теоретиков. Но как оказалось, вчера – отвлеченный, сегодня – самый что ни на есть прикладной.

Новое достижение геномики – науки, изучающей структуры и функции геномов человека, животных и млекопитающих: удалось найти удивительно изящный и эффективный подход к изучению и пониманию жизни. Главное, что инженерный подход к сборке клетки почти ничем не отличается от сборки компьютера. Во-первых, нужно иметь схему материальной «начинки» прибора и схему его работы, и этим занимается геновая инженерия и ДНК-технология. Принцип «сделать, чтобы понять» обычно работает на достаточно простых устройствах, содержащих минимальное количество деталей. Одна из простейших биологических машин, выявленных генетиками, одноклеточный микроорганизм – микоплазма.

При прогнозировании последствий использования новых технологий необходимо исходить из существования двух основных предпосылок развития опасных природных явлений: исторической

(эволюционной) и антропогенной. В основе первой предпосылки лежат эволюционные процессы развития Земли, приводящие к непрерывной реорганизации вещества в твердой, жидкой и газообразной оболочках Земли с выделением и поглощением энергии, изменению напряженно-деформированного состояния земной коры и взаимодействия физических полей различной природы. Происходящие процессы стали фактором глобальной геодинамики Земли – развития эндогенных, экзогенных гидрологических и атмосферных явлений.

Сложные системы организованы иерархически. Сама часть может быть целым, если она состоит в свою очередь из более мелких частей на ниже лежащем уровне организации мира. Часть может быть сложнее целого (по своему поведению, спектру возможных форм), если она имеет более высокий показатель нелинейности по сравнению с целым. Человек сложнее социальной группы или общества, ибо его нелинейность выше. *Выраженная нелинейность означает, что соответствующее структурное образование на своем уровне организации обладает более сложным спектром пространственно-временных форм – структур и возможных режимов развития. Именно человек может выходить на такие автомодельные режимы, при которых он интуитивно ощущает влияние неизбежности будущего, «тень грядущего». Такая возможность существует только для человека (предположительно, через присущее лишь ему особое состояние – сон без сновидений, интуицию), а не для общества, и в этом состоит уникальность и, возможно, особое предназначение человека.*

И вместе с тем именно человек строит и перестраивает себя в основном из прошлого, возобновляя из элементов памяти процессы по старым следам и встраивая крупные блоки прошлого в настоящее, погружаясь в дорогое и памятное ему прошлое, он прорывает ся в желаемое будущее.

Современные проблемы – экологические, политические, социальные, бытовые – в конечном счете представляют собой различные аспекты конфликтности человеческого существования, в основе которой лежит конкуренция между отдельными людьми, экономическими образованиями, государствами, этносами, религиями, технологиями,

человеком и природой, постоянно или периодически принимающая форму взаимного истребления конкурирующих сторон.

Эта форма, впрочем, считается «нецивилизованной». Цивилизация смягчает конкуренцию. В то же время конкуренция признается – сейчас практически единодушно – двигателем прогресса и, следовательно, механизмом развития цивилизации. Это лишь один из поверхностных аспектов противоречивости современной культуры.

Материальная сфера западной цивилизации основана на механизме формирования и поддержания «вертикальных» отношений «выше – ниже». Духовная сфера той же цивилизации зиждется на противоположных – «горизонтальных» – отношениях любви к ближнему и других канонах, провозглашаемых христианской этикой. Эти сферы несовместимы. Между ними существует конкуренция, подчас принимающая очень жесткие формы.

Современные конкурентные отношения в восприятии новых достижений молекулярной биологии, связанные с созданием и распространением генетически модифицированных организмов, по-видимому, являются источником развития техногенной цивилизации, всего человечества в целом.

Болезни культурных растений как двигатель истории человечества

Историки описывают историю человечества либо как смену общественно-экономических формаций, либо как цепочку великих войн и, соответственно, великих завоевателей. Однако имеет право на жизнь и другая точка зрения – закономерности миграции людей, военных побед и поражений обусловлены состоянием сельского хозяйства в конкретных странах. То есть на самом деле двигателем истории человечества являются не великие завоеватели, а болезни домашних животных и культурных растений. Такая точка зрения вроде бы очевидна, однако остается неучтенным то обстоятельство, что эта движущая сила действует и в настоящее время, только вот мигрировать уже людям некуда. Так как возможности природы практически исчерпаны, необходимо развитие

качественно новых приемов ведения сельского хозяйства, для того чтобы обеспечить выживание людей. Пришел конец сельскохозяйственной экспансии, необходима его интенсификация. Важным обстоятельством остается независимая, неконтролируемая динамика распространения болезней, вредителей, техногенных загрязнителей. Например: распространение возбудителей болезней; насекомых, таких как саранча; грызунов; различных типов сорняков. Те самые «волны жизни», динамика которых и прогноз не поддаются до настоящего времени никакому контролю. Как справлялось человечество с такими волнами жизни в XX веке? Да просто – нагружало сельское хозяйство химическими инсектицидами и т. д., которые теперь обнаружены даже в печени рыб в мировом океане и у пингвинов в Антарктиде. Установка на уничтожение живых организмов-вредителей привела к глобализации распространения химического загрязнения и к тому, что жизнь полезных организмов, включая человека, оказалась плохо совместима с таким способом ведения сельского хозяйства.

В последние годы активно развивается так называемое «*натуральное биологическое земледелие*», исключающее любые формы его химизации. Это очень интересное направление, заслуживающее всяческой поддержки и внимания. Да ведь только это не спасает человечество от динамики тех самых волн жизни и необходимости разработки методов, так сказать, быстрого реагирования, на неизбежные изменения экологической обстановки в каждом конкретном регионе. Это легко можно увидеть, вспомнив некоторые исторические детали.

В древнем Вавилоне главным продуктом питания была пшеница. Черная головня, болезнь пшеницы, отмечалась еще в XX веке до нашей эры, до Рождества Христова. Царь Соломон (980 г. до н. э.) ввел специальную службу контроля болезней растений.

В 715 г. до н. э. римляне в целях спасения пшеницы от грибкового заболевания с красными спорами (ржавчина) сотворили себе богов – *Robigo* и *Robigus* – в честь которых, для того чтобы их задобрить и спасти пшеницу от ржавчины, приносили в жертву животных красной масти.

Известный со времен Рима пшеничный грибок ржавчины продолжал быть бичом фермеров даже в XX в. В 20-е годы прошлого века это заболевание почти полностью разрушило производство пшеницы в Америке и Канаде. В 70-е годы ранее не очень агрессивное заболевание, которое называлось «южная гниль листьев зерновых», внезапно стало доминирующим и полностью разрушило производство зерновых на многих фермах Америки.

После распада Римской империи в Европе главной зерновой культурой, из которой готовили хлеб, стала рожь. Уже тогда в Европе распространилось грибковое заболевание ржи – спорынья. Зерна, зараженные этим грибом, попадали вместе со здоровыми в хлеб. У людей, которые ели такой хлеб, развивались сосудистые спазмы, приводившие к гангренам. Эту болезнь называли лихорадкой святого Антония.

И только замена ржи картофелем, пришедшим из Америки, привела к уменьшению гибели людей от этой болезни, вызываемой спорами спорыньи.

Картофель был ввезен в Европу около 1750 года и стал основным продуктом питания для бедных людей, например, в Ирландии, где арендаторы пшеницей расплачивались за аренду земли, а сами питались картофелем. Однако распространение некоторых сорняков, холодные летние месяцы в 40-е годы XIX в. привели к эпидемии фитофтороза.

Наверное, среди болезней растений нет другой столь трагически известной, как фитофтора картофеля – она оказала роковое влияние на судьбу целой нации. Недаром немецкий ботаник Антон де Бари, описавший возбудителя болезни, дал ему имя *Phytophthora infestans* – инфекционный пожиратель растений.

Картофельная болезнь появилась в США и Европе почти одновременно, в начале 40-х годов XIX в. Впервые ее зарегистрировали в 1844 г., а уже последующие два года стали драматической вехой в судьбе народов. В Европу пришли голод и нищета. Особенно сильно пострадало население Ирландии. В 1845 г. там проживало около 8 млн человек, причем для 6 млн картофель составлял, по крайней мере, половину пищевого рациона, а остальные питались почти

исключительно картофелем. Лишившись его, люди потеряли единственный источник существования. Смерть косила людей с такой скоростью, что их не успевали хоронить.

За голодом последовали его неминуемые спутники – инфекционные болезни. Началась массовая миграция ирландцев. Толпы эмигрантов атаковали отплывающие суда, бросая землю, дома и близких людей. Тысячи ирландцев умерли от голода, полтора миллиона, спасаясь от голода, эмигрировали в Америку. Множество современных американских семей ирландского происхождения берет свое начало от этого исхода, вызванного болезнью картофеля.

Род *Phytophthora* «славен» не только «картофельным грибом». *P. cinnamomi* уничтожила половину эвкалиптовых лесов в Австралии; *P. palmivora* – опаснейший паразит пальм и гевеи; *P. cactorum* вызывает наиболее распространенные заболевания яблонь и т. д.

Массовые поражения томатов фитофторозом были зафиксированы значительно позже, чем на картофеле. Томаты – близкий родственник картофеля, относятся они к тому же роду *Solanum*, но к разным под родам. Для сильного поражения томата была необходима адаптация паразита к обмену веществ, отличающемуся от такового у первичного хозяина – картофеля. Однако сейчас имеются внутривидовые формы фитофторы, поражающие томаты сильнее, чем картофель, и вызывающие гниение плодов.

Споры гриба с дождевыми потоками проникают в почву и заражают формирующиеся клубни. Наиболее активно этот процесс происходит при уборке картофеля, когда поврежденные клубни контактируют с зараженной ботвой. Поражение клубней опасно не столько само по себе (при нормальном хранении фитофтора не переходит на здоровые), сколько снижением общего неспецифического иммунитета.

Опасность фитофторы связана с ее высокой изменчивостью. В ходе эпидемии образуется гигантское споровое облако. Введение в селекционные сорта новых генов устойчивости из диких видов дает лишь временный эффект – вскоре накапливаются вирулентные для них расы. Поскольку тип обмена оомицетов (к которым относится фитофтора) отличается от грибов, большинство систем-

ных фунгицидов для них нетоксичны. В 80-е годы XX в. открыли класс системных соединений, фениламинов, высокотоксичных для фитогтор вследствие ингибирования их РНК-полимеразы, и создали коммерческий препарат ридомил. Однако очень скоро эффективность ридомила упала из-за накопления резистентных к нему штаммов. Это заставило усилить поиск новых фунгицидов и разрабатывать антирезистентные стратегии их применения.

Одним из важнейших деревьев Америки был каштан. Каштановая гниль убила его в начале XX в. Грибок, вызывающий это заболевание, был занесен в Америку из Азии через Европу.

Типичным напитком англичан на самом деле был кофе, начиная с XVII в. Однако эпидемия грибкового заболевания – кофейной ржавчины – на Цейлоне привела к возникновению знаменитой традиции английского чая.

В 1980 годах новая болезнь, названная антракнозом кизила, стремительно распространилась по всем горам Альпачино и на больших высотах в некоторых местах практически уничтожила весь кизил.

Растения могут уничтожаться также множеством неживых факторов, таких как некоторые погодные условия, химическое загрязнение почв или воздуха. Например, использование зимой соли на дорогах для предупреждения гололедицы может полностью уничтожить все растения, растущие рядом.

Большинство болезней растений вызывается грибами, которые могут расти на мертвых, умирающих или живых растениях.

Грибы имеют в своем строении нитеподобные структуры – гифы, которые воспроизводят споры. Огромное количество этих спор распространяется разными путями, заражая все новые и новые растения. Грибки продуцируют широкий спектр ферментов, способных разлагать, похоже, любые органические соединения до фрагментов, которые могут быть использованы этими грибами в пищу.

Бактерии – это маленькие, одноклеточные организмы, некоторые из них вызывают заболевания растений. Они не образуют спор, переносятся вместе с водой или насекомыми. Например, болезнь бананов Моко вызывается бактериями.

Огненная гниль – болезнь яблок и груш. У пораженных деревьев листья скручиваются, как бы обожженные огнем. Отсюда происходит и название болезни. Ее распространенность препятствует разведению яблок и груш в некоторых регионах.

Фитоплазмы меньше бактерий и не имеют защитной клеточной стенки. Они являются облигатными паразитами и вызывают пожелтение или формирование так называемых ведьминых метелок – «*witches brooms*» – у некоторых растений-хозяев. Смертельное пожелтение пальм вызвано такой фитоплазмой, что привело к их массовой гибели в южной Флориде.

Болезни растений вызываются и вирусами. Вирусы часто приводят к изменениям окраски растений и их формы, включая скручивание, перевивание и всяческие другие изменения. Вирусные заболевания приводят к резкому падению продуктивности растений.

Вирусы растений – очень простые организмы, состоят только из рибонуклеиновой кислоты (материал наследственности), окруженной белковой капсулой.

В конце XV в. в Европе были очень популярны тюльпаны. Наиболее популярными были с прожилками контрастных цветов. В некоторых случаях появление таких прожилок было обусловлено вирусной инфекцией, которая вызывает болезнь, известную в настоящее время под названием «разрушитель тюльпанов» (вирус мозаичности тюльпанов).

Небольшие червеобразные животные, называемые нематодами, могут инфицировать растения и вызывать болезни. Они повреждают корни растений и приводят к уменьшению их продуктивности и даже к смерти, например, клубники.

Некоторые цветковые растения паразитируют на других, в частности на деревьях. Листьям омелы поклонялись древние европейцы, поскольку они сохранялись зелеными зимой. Сегодня омела может погубить все зеленые насаждения в Киеве.

Использование химических соединений для защиты растений от болезней началось несколько тысяч лет назад. В XX в. до н. э. люди заметили: вулканические выделения защищают зерновые от болезней, это привело к использованию серосодержащих препара-

тов в качестве средства защиты растений. До сих пор сера используется в защите растений от некоторых болезней.

Развитие приемов химической защиты растений от болезней активно началось в XVIII в. с созданием смеси Бордо и ее успешным использованием против некоторых заболеваний. И до сих пор это эталон для всех фитонцидов.

В те времена, когда широко были распространены деревянные корабли, для их защиты от грибковых заболеваний использовали каменную соль.

Удаление либо уничтожение патогенов – это одна из форм защиты растений от болезней.

В 60-м году XVIII в. Джордж Вашингтон издал приказ об обязательном промывании пшеницы горячей водой для удаления спор с инфицированных зерен.

Безуспешно пытались также искоренить пузырчатую ржавчину белого горошка. Смородину и крыжовник (промежуточные хозяева ржавчины) выкапывали или уничтожали гербицидами.

Запрет на ввоз растений из одной страны в другую – это еще один способ контролировать распространение болезней растений. На границах в развитых странах имеются специально обученные собаки, проверяющие багаж пассажиров на присутствие растений или их семян, которые могут нести патогены флоры.

Фермеры пытаются контролировать распространение болезней растений путем севооборота. Такие смены (ротация) снижают и риск инфекции растений, и появление эпидемиологических ситуаций (отсюда пошла трехпольная, семипольная и т. д. системы), и одновременно оптимально расходуются питательные вещества.

Снижение заболеваемости растений достигается в настоящее время развитием их генетической устойчивости. Селекционеры искусственно скрещивают разные варианты растений, чтобы в потомстве получить гибриды, несущие гены устойчивости к различным заболеваниям.

Заболевания растений могут контролироваться и при использовании биотехнологических приемов. Например, используя мо-

лекулярно-генетические технологии, можно выделить из любого организма (например, такого как вирус) ген, вставить его в растение-хозяина, вследствие чего такое растение приобретет устойчивость к данному вирусу.

Понятно, что наиболее эффективен комплексный подход, который объединяет в себе и старые традиции предупреждения болезней, и новые технологии для создания всех необходимых условий для успешного разития культурных растений и предупреждения их заболеваний.

Следует подчеркнуть, что на современном этапе селекции развивается новый комплекс методов интенсификации сельского хозяйства, целью которого является ускорение получения нужных для человека форм живых организмов с использованием методов генной инженерии, ДНК-технологий. В этом направлении увеличение защищенности нужных человечеству живых организмов достигается, в основном, не путем изменений условий их воспроизводства, а повышением их устойчивости к неблагоприятным внешним воздействиям. То есть качественно меняется объект воздействия – методы ДНК-технологий привлекают для того, чтобы изменить внутреннюю способность организмов сохранять свои свойства, важные для человека, в таких условиях среды, какие уже сложились в настоящее время в данном конкретном регионе – касается ли это химического загрязнения или засоленности почв, изменений климата либо агрессии новых возбудителей болезней или вредных насекомых. Понятно, что культурных растений, используемых для обеспечения потребностей растущего населения человечества, ограниченное количество. Поддается исчислению и количество неблагоприятных внешних условий, в которых имеется необходимость сохранять их высокую продуктивность. Именно с этим связаны надежды на то, что методы ДНК-технологий, в конечном итоге, позволят накопить определенный список приемов спасения земледелия в условиях резких изменений окружающей среды. Это и будет в будущем таким «батальоном приемов быстрого реагирования», предназначенного для решения любых вновь возникающих проблем разведения домашних животных и культурных растений.

ГЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ – ЭВОЛЮЦИЯ, УПРАВЛЯЕМАЯ ЧЕЛОВЕКОМ. КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Магистральная линия истории, приведшая к генетической инженерии как технологии управления процессом эволюции на значительном временном интервале практически совпадает с историей генетики. Именно тогда, когда человечество создало инструментарий, позволяющий конструировать и создавать новые формы жизни, оно осознало не только собственное могущество, но и опасность его использования в «неразумных» целях. Поэтому этот раздел в значительной мере посвящен истории становления генетики – теоретического фундамента современной биотехнологии.

С того момента, как человек перешел от охоты и собирательства к скотоводству и земледелию, он в сущности радикально изменил унаследованную от предков стратегию выживания в этом мире. Отныне он сначала интуитивно, а затем – осознанно стремится преобразовать свою среду обитания («экологическую нишу») в соответствии с собственными потребностями и интересами или своими представлениями о них (кои далеко не всегда совпадают друг с другом). В сущности это означает, что человек постепенно берет под свой контроль ход глобального процесса эволюции, состоящий из трех компонентов: эволюции неживой природы, развития жизни и истории человеческой цивилизации. Первым шагом на этом пути стало создание искусственных экологических систем – **агробиоценозов**. Примерами последних могут служить пшеничное поле и пастбища скота.

Но вначале человечество располагало возможностями крайне незначительной модификации свойств и признаков уже существующих в природе элементов экологических систем, т. е. биологических видов. И только к концу второго тысячелетия н. э. были созданы технологии, позволяющие создавать и перестраивать экологические системы, конструируя их из элементов (организмов) с заранее заданным произвольным набором свойств. Эти технологии и получили название

генетическая инженерия, биотехнология. (Вероятно, правильнее было бы сказать – *генетическая и экологическая инженерия.*)

Ситуация с биотехнологиями сильно напоминает историю с героем пьесы Мольера «Мещанин во дворянстве», который внезапно обнаружил, что всю жизнь говорил прозой и сам об этом не знал... Так и мы достаточно часто забываем, что биотехнологии человечество начало использовать и развивать с момента одомашнивания растений и животных. Представим краткий список наиболее важных событий на пути к биотехнологии.

II тыс. до н. э. – использование дрожжей для получения вина, пива, дрожжевого хлеба и кефира.

1700-е годы н. э. – натуралисты идентифицируют и создают растения-гибриды.

1861 – Луи Пастер разрабатывает технологию пастеризации.

1865 – Грегор Мендель, отец современной генетики, экспериментирует с бобовыми растениями и приходит к выводу, что существуют неизвестные на тот момент частицы, позднее получившие название «гены», которые передают признаки от поколения к поколению.

1922 – американские фермеры закупают гибридные сорта кукурузы. С 1930 по 1985 гг. наблюдается повышение урожайности пшеницы в несколько раз.

1944 – ученые подтверждают, что ДНК, присутствующая в ядре любой клетки, является субстанцией, отвечающей за передачу наследственной информации, и содержит ключи к нашему прошлому, настоящему и будущему.

1953 – лауреаты Нобелевской премии Джеймс Уотсон и Френсис Крик открывают химическую структуру ДНК в виде двойной спирали.

1970 – Норман Борлауг получает Нобелевскую премию мира за создание короткостебельных сортов пшеницы и решение продовольственной проблемы, что стало первым случаем признания научных заслуг селекционера.

1973 – Стенли Коэн и Герберт Бойер переносят ген (специфический участок ДНК) из одного организма в другой – начало ДНК-технологии.

1982 – первое коммерческое применение методов биотехнологии для получения человеческого инсулина, использующегося для лечения диабета.

1983 – получение первых растений с использованием методов биотехнологии.

1990 – первый пищевой продукт, модифицированный методом биотехнологии (фермент, применяемый при изготовлении сыра), был разрешен для использования в США.

1992 – администрация по контролю над пищевыми продуктами и лекарственными препаратами постановляет, что продукты питания, полученные с использованием биотехнологических методик, должны регулироваться тем же самым способом, что и полученные с использованием традиционных методик.

1994 – *FLAVR-SAVR* помидоры – первый пищевой продукт, полученный с использованием биотехнологических методик.

1995 – введение в практику первого сорта сои, полученного при помощи биотехнологии.

1997 – американское правительство одобряет 18 разновидностей зерновых, полученных с использованием биотехнологии.

1999 – выведен «золотой» рис, обогащенный каротином, для профилактики слепоты у детей развивающихся стран.

2000 – создание Совета по вопросам информации в области биотехнологии.

Где же расположена генетическая информация, определяющая развитие любого организма? Теперь мы знаем, что она в генах. Что же это за таинственные частички материи, вещество, заставляющее всякое творение природы быть похожим на своих родичей – кошки всегда приносят на свет котят, из семян пшеницы может произрасти только пшеница, мы похожи на родителей и в то же время имеем индивидуальные, свойственные только нам, черты. Где расположены гены? Как устроены? Как им удастся отдавать приказы на особом, биохимическом языке? Жестко диктовать – глаза голубые, а не черные; рост 180, а не 150. Или так, или наоборот.

Ученым пришлось погрузиться в глубины живой клетки, чтобы разыскать наконец то место, где зашифрована **программа жизни** слона или бактерии, человека или лягушки, яблони или микроскопической водоросли хлореллы, обитавших когда-то на Земле мамонтов или динозавров.

Теперь адрес гена установлен. И то, что потребовало огромных усилий стольких поколений исследователей, то, что являлось предметом жарких споров, ученийших препирательств и распрей, что поначалу казалось подозрительным, наивным, незрелым, требовало проверки и доказательств, – теперь все это стало историей науки, азбучной истиной, буднично и просто изложенной на десяти страничках школьного учебника биологии.

Работа Грегора Менделя считается фундаментом современной генетики. После Менделя стало ясно, что наследуемое свойство – это закодированное сообщение, то есть информация. И как всякая информация, она имеет свой материальный носитель, способ записи, хранения, передачи и свое содержание. Важно, что, в отличие от Г. Менделя, изменчивость представлялась Ч. Дарвину и его современникам неограниченной, беспорядочной, идущей во всех направлениях. Организм обладал как бы «восковой пластичностью». Принятие этого исходного хаоса изменений было существенно для дарвинистов. Законы Менделя подчинили этот хаос математическим закономерностям. Число изменений при гибридизации вводилось в четкие рамки расщепления. До Г. Менделя многообразие форм в потомстве гибридов объясняли «ослаблением силы наследственности», не было научных принципов описания и изучения гибридов. Как выяснилось впоследствии, предшественники Г. Менделя наблюдали все характерные черты поведения признаков при гибридизации: доминирование (Т. Э. Найт), комбинирование в потомстве (О. Сажрэ) и принцип единообразия первого поколения и расщепления (П. Нодэн).

У Г. Менделя был один удивительный предшественник, почти вскрывший основные закономерности наследования признаков за 35 лет до работ Менделя. Это О. Сажрэ – французский растениевод (1763 – 1851), автор замечательных работ по гибридизации тыквенных, создатель новых сортов груш и ряда плодовых (семечковых и косточ-

ковых) деревьев. Впервые в истории изучения наследственности он стал учитывать отдельные признаки скрещивающихся растений.

Годом раньше работы Сажре (1824) в Англии была опубликована большая статья «Некоторые замечания о предполагаемом влиянии пылицы в скрещивании на окраску кожуры растений и качество их плодов» Т. Найта (1759 – 1838) – выдающегося растениевода, создателя Лондонского общества садоводства, первого его президента. Найт экспериментировал на разновидностях гороха, совершенно сознательно, как впоследствии и Мендель, выбрав этот вид для исследований. Найт наблюдал за изменением цвета кожуры семян и окраски цветов у разных гибридов в процессе скрещиваний. Он обнаружил их постоянство, неизменность, т. е. по существу подошел к пониманию явления доминирования, в основе которого лежит дискретность, прерывистость отдельных признаков.

Но лишь Менделю принадлежит приоритет в установлении четких количественных закономерностей в наследовании признаков в ряду поколений, куда непротиворечивым образом вошла вся предшествующая феноменология. Установленные Менделем законы наследования признаков (единообразие первого поколения, расщепление и независимое комбинирование) являются естественно-научными законами, так как для этих законов: а) определена точная сфера применения, за пределами которой они нарушаются; б) они дают возможность предсказания и опытной проверки и в) возможность количественного описания и математической формулировки.

Грегор Мендель (1822 – 1884), сын силезского крестьянина, отлично учился в школе и хотел стать учителем природоведения, однако бедность родителей заставила его поступить послушником в августинский монастырь святого Фомы города Брюнна (ныне Брно, Чехия). Принял (1847) сан священника, поменяв мирское имя «Иоганн» на церковное «Грегор». Но церковных обязанностей не исполнял, а занимался преподаванием наук: цветоводства, плодоводства и пчеловодства. Был также учителем математики и греческого языка, позже – физики и естественной истории, занимался опытами по скрещиванию растений. В XIX в. в школах и гимназиях Австро-Венгрии часто можно было видеть монахов. Они преподавали не только

«слово божие», но и светские науки – химию, ботанику, зоологию. Мендель вначале учился в Ольмюцком философическом институте, а в 1851 г. администрация монастыря посылает его в Венский университет для изучения естественных наук. В его домашней библиотеке хранились все основные сочинения Дарвина. Менделя интересовали две далекие друг от друга дисциплины – математика и ботаника. Ему нравилось возиться с растениями в монастырском саду (крохотном, 7 на 35 метров, под окнами своей кельи), ибо с детства он приобрел практические навыки в садоводстве. В течение восьми лет, начиная с 1856 г., неторопливо и тщательно этот странный монах проводил загадочные опыты: скрещивал различные сорта садового гороха и терпеливо фиксировал результаты, подвергая их математической обработке. В 1865 г. итоги работы были доложены на двух заседаниях в Брюнском обществе естествоиспытателей, а в 1866 – опубликованы под названием «Опыты над растительными гибридами» в «Записках» того же общества. Злые языки утверждали, что издатели поместили работу Менделя в сборник только потому, что более интересных материалов тогда не нашлось. Но не будь этой публикации, Мендель не стал бы всемирно известным исследователем, отцом учения о наследственности! Однако тогда печатное детище Менделя не вызвало отклика в научном мире. (Известно, что труды общества естествоиспытателей в Брно со статьёй Менделя были разосланы в 120 научных библиотек мира, а сам Мендель дополнительно распространил еще 40 оттисков.) Не было ни дискуссий, ни просто вопросов к творцу новой науки. Чувствуя всю шаткость своего положения никому не известного любителя, Мендель решил обратиться к тогдашним светилам ботаники. Его выбор пал на немецкого ботаника Карла Вильгельма Негели (1817 – 1891), который одним из первых начал применять математические методы в ботанике. При жизни выдающиеся, теперь классические, исследования Менделя не были по достоинству оценены, хотя не только Негели, но и другие крупные биологи знали о них. В 1868 г. Менделя избрали прелатом. Новые церковные обязанности, а также серьезная болезнь глаз заставили его прекратить исследования по гибридизации растений, однако главное дело своей жизни он уже

совершил. Ученый скончался, не подозревая о произведенном им революционном перевороте в научных взглядах.

В общем, Грегор Мендель сделал концептуальное открытие: он создал научные принципы описания и исследования гибридов и их потомства (какие формы брать в скрещивание, как вести анализ в первом и втором поколении и т. д.). Он установил законы наследования признаков; высказал идею бинарности наследственных задатков, т. е. идею, что каждый признак контролируется парой задатков или генов (как стали их потом называть), которые никуда не исчезают, а лишь рассоединяются при образовании половых клеток и затем свободно комбинируются у гибридов и их потомков.

Парность задатков – парность хромосом – двойная спираль ДНК, таково логическое следствие идей Г. Менделя.

Гибридологический метод, связанный с изучением характера наследования отдельных признаков и свойств, в значительной мере предопределил успех исследований Менделя и позволил ему выявить и сформулировать основные правила наследственности.

Можно указать на следующие обстоятельства неприятия работ Г. Менделя: опыты требовали повторения на других видах, и сам Г. Мендель не смог повторить их на ястребинке по объективной, как теперь ясно, причине (партеногенетическое образование семян); любой исследователь, занимающийся гибридизацией, мог сходу указать на множество фактов поведения гибридов, выходящих за рамки независимого наследования признаков.

Интуитивно предугаданная Г. Менделем, возможно на основании предварительных скрещиваний, закономерность поразила его своей внутренней логикой и красотой и дала толчок к основным трудоемким семилетним опытам, которые были самым тщательным образом спланированы.

Ему удалось увидеть гармонию чисел, согласие явлений природы, стройность и порядок, проглядывающие сквозь путаницу явлений. Многие генетики и историки (в их числе знаменитый английский биолог, эволюционист и математик Р. Фишер) доказывают, что Мендель знал, что он ищет. Что-де он сначала интуитивно проник в

«душу природных событий», а уже затем так спланировал свои опыты, чтобы озарившая мозг идея подтвердилась наилучшим образом и в кратчайшие сроки. Потому-то он останавливает свой выбор на лучше всего пригодном для опытов растении – горохе. Оттого-то два года отбирает наиболее подходящие признаки. И затем берет для экспериментов ровно столько растений, сколько нужно, чтобы можно было установить «численные отношения» для генетических законов. Все это и породило красоту и стройность установленных Менделем пропорций.

Красота и строгость числовых соотношений – 3:1, 9:3:3:1 – выявленных на горохе, возможность делать предсказания о поведении гибридов и характере расщепления во втором и третьем поколении, гармония, в которую удалось уложить хаос фактов, все это убеждало Г. Менделя в своей правоте, в том, что найденные им законы имеют всеобщий характер. Оставалось убедить других. Это всегда оказывается самым трудным, как в науке, так и в искусстве.

Переоткрытие работы Менделя в 1900 г. ограничилось самой статьей, но смысл и глубина его законов не были поняты сразу полностью ни одним ученым. Сразу три исследователя – Гуго де Фриз (Голландия), Карл Корренс (Германия) и Эрих Чермак (Австрия) – работая независимо друг от друга, в исследованиях на растениях открыли закономерности расщепления гибридов – законы наследственности, описанные Г. Менделем в его труде «Эксперименты по гибридизации растений» на 35 лет раньше. 1900 год принято считать официальным рождением генетики.

Современники его не поняли. Дарвин умер, так и не узнав, что уже сделано открытие, выводящее его учение из логического противоречия, известного под названием «кошмар Дженкина» о том, что любые приобретенные с помощью естественного отбора новые признаки, по представлениям того времени, должны были растворяться, теряться при скрещивании в череде поколений. Менделизм, в котором многие видели сначала «подкоп» под дарвинизм, на самом деле его обновил и подтвердил. Сформированные в ходе эволюции новые наследственные зачатки не пропадают зря, а даже в

скрытом, не проявленном в виде признака состоянии, они готовы дожидаться своего часа, чтобы сыграть свою роль в эволюции.

Прошло только четыре года после публикации в Брюнне трудов общества естествоиспытателей со статьей Г. Менделя. В 1869 г. выходит в свет монография немецкого палеонтолога В. Ваагена (1841 – 1900) «Формообразование у *Ammonites subradiatus*». Рассматривая возникновение новых форм аммонитов в юрских отложениях, Вааген вводит в науку новое понятие – «*мутация*», что означает скачкообразный переход от одной систематической формы к другой, это как бы резкое изменение во времени.

Однако главной теоретической находкой Ваагена было выделение в филогенезе «единичного филетического признака». На палеонтологическом материале, считал Вааген, можно проследить как бы движение этого «единичного признака» во времени.

В начале 1884 г. после тяжелой болезни умирает в монастыре в Брюнне прелат Грегор Мендель, давно отошедший от науки и занявшийся общественно-политической деятельностью. Он умирает, не дождавшись признания своего открытия, а через несколько месяцев после его смерти в Мюнхене выходит в свет книга К. Негели «Механико-физиологическая теория эволюции», в которой проводятся мысли, как ныне считают историки науки, навеянные многочисленными, для тогдашнего неторопливого времени привычно обстоятельными, многостраничными письмами Г. Менделя с изложением результатов его опытов: «Каждый видимый признак находится в идиоплазме в виде задатка; имеется поэтому столько же родов идиоплазмы, сколько бывает комбинаций признаков».

В этом высказывании важно то, что речь идет о наследственных задатках как представителях отдельных признаков особи, а не клеток, органов или частей тела, как широко принималось в то время большинством исследователей (в том числе Ч. Дарвином и А. Вейсманом). Большинство, но не всеми.

Таким образом, хотя работа Г. Менделя и осталась похороненной в нескольких сотнях экземпляров трудов любительского обще-

ства Брюнна, но обусловленное ею движение биологической мысли, которое было начато трудами О. Сажре и К. Найта, непрерывно продолжалось.

В. Флемминг и Э. ван Бенеден составили описание редукционного деления (1887). Вейсман (A. Weismann) постулировал, что периодическое увеличение числа хромосом должно наблюдаться у всех организмов, имеющих пол. Идея Вейсмана «Ядерная теория наследственности» включала следующие положения:

- ядерное вещество контролирует формирование и функционирование всех клеток. При митозе оно делится пополам, давая эквивалентные продукты;
- перед оплодотворением яйцеклетки теряют половину своего вещества во втором редукционном тельце и оно может быть возмещено только ядерным веществом спермы;
- половое размножение основано на слиянии двух ядер в каждом поколении. Поскольку число хромосом и количество ядерного вещества не могут удваиваться в каждом поколении без соответствующей компенсации, то количество ядерного вещества должно быть вдвое меньшим как в мужской, так и в женской половых клетках (здесь Вейсман предсказал редукционное деление, которое тогда еще не было известно);
- между ядерным веществом яйцеклетки и спермы нет существенных генетических различий.

А. Вейсман также установил, что наследственные факторы сосредоточены в хромосомах.

Половое размножение – способ сохранения и закрепления индивидуальной изменчивости, благодаря которому поставляется материал для естественного отбора.

Гуго де Фриз окончательно ввел термин «*мутация*» и дал его определение. Суть мутационной теории де Фриза сводится к следующим положениям:

- мутация возникает дискретно, без переходов;
- новые формы константны;
- мутация является качественным изменением;

- мутации разнонаправлены (полезные и вредные);
- выявляемость мутаций зависит от размеров выборки изучаемых организмов;
- одни и те же мутации могут возникать повторно, т. е. гены способны мутировать, мутационные варианты – аллели.

После того как законы Г. Менделя были вновь открыты в 1900 г., на протяжении следующих нескольких лет формулируются основы той науки, которую сегодня мы называем генетикой. Но пока (до 1906 г., когда с легкой руки В. Бэтсона появилось слово «генетика») это еще не самостоятельная дисциплина, а ветвь экспериментальной биологии, имеющая дело с изучением наследственной изменчивости.

В те годы в генетике распространяется новая терминология, новые точки зрения и начинают развиваться новые, все дальше уходящие от классических, направления исследований. Основу их заложил знаменитый датский генетик В. Иоганнсен, опубликовав в 1909 г. свою книгу «Элементы точного учения о наследственности», в которой в науку вводятся давно ожидаемые термины «ген», «генотип», «фенотип», «аллель».

Ген, по Иоганнсену, – реально существующая, независимая, комбинирующаяся и расщепляющаяся при скрещиваниях единица наследственности, самостоятельно наследующийся наследственный фактор; совокупность генов составляет генотип. *Фенотип* – совокупность всех внешних и внутренних признаков, «он является выражением очень сложных взаимоотношений». *Аллели* – формы состояния гена, вызывающие фенотипические различия, локализованы на гомологичных участках парных хромосом.

Другой важный этап для нашего понимания природы материала наследственности начался с работы Фридриха Мишера, который в 1869 г. открыл нуклеиновые кислоты. Естественно, как и на работу Грегора Менделя, в то время никто не обратил ни малейшего внимания на это открытие. Тогда не работала гигантская машина прессы, которая сегодня извещает мир даже о самом незначительном событии при анализе явлений природы. И сто лет спустя, в 1969 г., никто

особо не праздновал дату важного открытия – момента обнаружения *молекул материала наследственности*.

Ф. Мишер (1844 – 1895), швейцарский биохимик, прожил недолгую жизнь. Окончил университет в Базеле, затем работал в университете южногерманского города Тюбингена, на кафедре Гоппе-Зейлера (1825 – 1895), одного из основоположников современной биохимии, наставника многих известных ученых, в том числе и русских: Сеченова, Захарьина, Боткина, Дьяконова, Манассеина. Лаборатория Эрнста Феликса Иммануэля Гоппе-Зейлера была тогда Меккой приверженцев «физиологической химии». Размещалась лаборатория в древнем замке, возвышавшемся над рекой Неккар; впоследствии Мишер любил рассказывать своим студентам на лекциях о том, как узкие окна и темные своды его рабочей комнаты напоминали ему обстановку лабораторий средневековых алхимиков. Здесь-то двадцатипятилетний Мишер обрабатывал клетки крови – лейкоциты – ферментом желудочного сока, разрушающим белки. Клетки «разваливались» (что можно было наблюдать в микроскоп), но их ядра оставались невредимыми. Мишер выделил содержащееся в ядрах неизвестное (не белковой природы) вещество с необычайно большим содержанием в нем фосфора и азота и назвал его «*нуклеином*», то есть «ядерным» (от латинского *nucleus* – ядро). Детальному изучению нуклеиновых кислот Мишер посвятил, покинув лабораторию учителя и вернувшись в родной Базель, оставшуюся часть жизни. Он был предельно предан науке, почти не отдыхал и мало уделял времени семье. Известно, что он даже опоздал в церковь к венчанию, так как не мог прервать очередной опыт. А работал он неистово: исследователь считал, что для получения хороших результатов нуклеины следует выделять при низких температурах; поэтому проводил анализы осенью и зимой, иногда оставаясь в неотопляемом помещении с пяти утра и до поздней ночи. Неудивительно, что здоровье исследователя, всегда слабое, было окончательно подорвано; он умер в санатории «Турбан» в Давосе, не то от воспаления легких, не то от быстротечной формы туберкулеза. Лишь в 1897 г. его друзья и близкие, разобравшись в кипах лабораторных тетрадей, черновиков, записей, сделанных в спешке, в перерывах между опытами и лекциями, которые он читал в Базельском

университете, выпустили в Лейпциге в свет книгу, озаглавленную «Работы Ф. Мишера по гистохимии и физиологии».

Неизвестно, сознавал ли Фридрих Мишер всю значимость своего открытия. Или же его тщательнейший научный поиск просто следствие его национального характера – прилежания и педантичности. Известно одно: нуклеин оставался его одной всепоглощающей страстью. В одном из писем Мишер высказывал предположение, что ключ к решению проблемы передачи наследственных свойств будет найден стереохимиками. Вот его слова о стереоизомерах: «С их помощью мы можем выразить все бесконечное многообразие наследственных признаков, подобно тому, как *при помощи двадцати четырех или тридцати букв алфавита мы можем составлять слова и выражать мысли на любом языке...*»

Выдающейся чертой менделевской работы было постулирование связи наследования признаков с дискретными факторами половых клеток. Высказанная Менделем гипотеза чистоты гамет явилась как бы предвидением поведения хромосом в мейозе. Эта вторая сторона работы Менделя имела и имеет всеобщее значение на протяжении всего развития генетики. Основоположник генетики Мендель подчинил хаос изменчивости, которая в его время считалась неограниченной и беспорядочной, четким математическим закономерностям. Он установил порядок там, где все видели только причудливую игру «сил наследственности». Кроме того, оказалось, что индивидуальные отклонения (модификации) не наследуются и что отбор эффективен в популяциях до тех пор, пока не исчерпана наследственная гетерогенность. С. И. Коржинский и Г. де Фриз установили, что наследственные изменения – мутации, в результате которых образуются элементарные виды (жорданоны), – могут возникать вне всякого отбора, а не путем накопления мелких адаптивных уклонений. А увидеть гены, превратить это поначалу полумифическое, зыбкое, ускользающее понятие в реальность в нечто материальное и различимое удалось американцу Томасу Ханту Моргану (1866 – 1945).

Коллеги из Колумбийского университета (Нью-Йорк) в 1908 г. были удивлены, когда Морган, профессор экспериментальной

зоологии, получивший уже широкую известность как эмбриолог (эмбриология – наука о зародышах человека, животных, растений), решил заняться модной, но не устоявшейся наукой – генетикой. Но Морган стоял на своем: он хотел проверить, действительно ли, как утверждал Грегор Мендель, в клетках существуют гены? Морган обладал редким умением собирать вокруг себя талантливую молодежь. Один из его будущих ближайших сотрудников Келвин Бриджес (1889 – 1938) зашел к Моргану, чтобы узнать, нельзя ли немного подработать, и получил задание мыть пробирки. Через неделю ему полюбился не только шеф, но и наука генетика. Девятнадцатилетний студент-второкурсник Алфред Генри Стертевант (1891 – 1970) был страстным лошадиником, рылся в книгах, пытаясь установить, как наследуется масть. Отчаявшись, он пошел за разъяснениями к Моргану и... остался в его лаборатории. Через год Стертевант сделал большое открытие: обнаружил явление сцепления генов. (Позже он был удостоен многих званий, в частности стал членом Национальной академии наук США.)

Сам же Морган был одно время президентом Национальной академии наук США (с 1927 по 1931 гг.), стал и почетным членом Академии наук СССР (1931) что, однако, не помешало в послевоенные годы Трофиму Денисовичу Лысенко объявить Моргана метафизиком и идеалистом. В 1933 г. Морган был удостоен Нобелевской премии.

Хромосомная теория наследственности Моргана, укрепившаяся в своих основаниях после открытия генетической роли нуклеиновых кислот, отвечает всем требованиям развитой научной теории (А. А. Любищев, 1982):

- а) на основе небольшого числа постулатов она объединила множество фактов из разных областей биологии: генетики, цитологии, эмбриологии, биохимии, популяционной генетики, селекции;
- б) позволяет управлять явлениями и строить прогнозы;
- в) дает возможность строгого количественного описания явлений;
- г) в ней оговорены четкие границы ее применимости.

Моргану помогли финансовые трудности. Ученый искал новый экспериментальный объект, и выбрал крошечную плодовую мушку-дрозофилу. Ее научное название *Drosophila melanogaster* означает, в вольном переводе, «любительница росы с черным брюшком». Дрозофила стала для Моргана величайшей удачей.

Дрозофил легко разводить в пробирках на засеянных дрожжевыми клетками растертых бананах или просто манной каше с изюмом. При температуре 25°C новое поколение мух появляется на свет через 10 – 12 дней. Одна самка может дать более 1000 потомков. Поэтому только за год удается получить 30 – 35 поколений и изучить сотни тысяч особей. Богатейшие возможности для тех, кто прослеживает длинные наследственные линии!

Мушки различаются по укороченным крыльям (они могут быть и совсем маленькими, и загнутыми вверх, и так далее), по цвету глаз (белые вместо нормальных, красных) и по многим иным особенностям. Как за всем этим уследить? Вот экспериментатор достает со стеллажа одну из пробирок, быстро удаляет закупоривающую пробирку ватку, заменив ее другой, смоченной в эфире. Мушка замирает в глубоком и длительном обмороке. Теперь-то ее можно детально обследовать под микроскопом, не торопясь, поворачивать спинкой или брюшком, зарисовать форму глаз и крылышек...

Исследуя в микроскопе ядра клеток дрозофилы, Морган и его ученики установили фундаментальные факты. Особые ядерные тельца – хромосомы (от греческого *chroma* – краска и *soma* – тело, названы так вследствие их способности сильно окрашиваться определенными красками, что делает хромосомы хорошо видимыми и различимыми, облегчает их изучение) меняли свою структуру, форму, состав вместе с изменениями облика самой дрозофилы. Следовательно?.. Гены должны локализоваться именно в хромосомах, сделали вывод в лаборатории Моргана.

Хромосомная теория наследственности стала результатом огромной серии экспериментов (благо, плодовитость дрозофилы это позволяла). Понятно, поначалу моргановские представления многим казались невероятными. Николай Иванович Вавилов (1887 – 1943), в 1921 г. побывавший в США у Моргана, вспоминал

позднее: «В этой лаборатории скептики выслушивались с особым вниманием. Исходя из сложности явлений наследственности и развития, мы полагали в то время, что строгое расположение генов в хромосомах в виде бус в линейном порядке мало вероятно. Такое представление казалось нам механистическим. Подобно другим, мы высказывали наши сомнения Моргану. Он ответил нам, что он сам как эмбриолог вначале был большим скептиком, но колоссальное количество фактов наиболее просто объяснялось и объясняется линейным расположением генов. Он предложил нам посвятить несколько дней конкретному просмотру опытных материалов, на которых построена линейная гипотеза, добавив при этом, что охотно согласится с любой другой гипотезой, удовлетворительно объясняющей все наблюдаемые факты».

Хромосома есть реальность и поэтому важны ее структурно-функциональные характеристики как целого. Нуклеопротеидная нить хромосомы (хроматин) имеет сложную иерархическую организацию. Установлены четыре уровня упаковки нити ДНК с белками в нуклеопротеидные структуры, которые в световом микроскопе видны как «хромосомы». Принято считать, что хромосомы высших организмов подразделены на структурно-функциональные участки, или домены, которые упакованы в виде петель и прикреплены своими основаниями к ядерному скелету (матриксу). Обнаружены десятки ДНК-связывающих белков, которые образуют сложные комплексы и, присоединяясь к специальным участкам хромосом, регулируют степень спирализации и деспирализации данного домена, тем самым меняя степень транскрипционной активности окрестных генов. Достаточно какому-либо гену в случае хромосомной перестройки оказаться рядом с участком, к которому присоединяется белок-репрессор, и активность этого гена понижается. Такие изменения не вписывались в моргановскую парадигму, в дальнейшем они получили название *эпигенетической наследственности*. Теперь сфера эпигенетических изменений резко расширилась.

Состав хромосом, их строение необычайно сложны. Это смесь многих компонентов. Тут и открытые Фридрихом Мишером нуклеиновые кислоты – ДНК и РНК, которые, должно быть, из почти

ния, обычно сокращенно пишут заглавными буквами; полное же их название – *дезоксирибонуклеиновая* и *рибонуклеиновая* кислоты. И различные ферменты, имеющие белковую природу, и другие белки – основные элементы жизни. И другие вещества, в том числе липиды и углеводы. Так кто же из них ведает наследственностью, определяет ее, служит ее материальным носителем?

Ответы на все эти вопросы, казалось бы, дали опыты Освальда Теодора Эвери (1877 – 1955), который, как и Мишер, был человеком большой скромности и сдержанности. Ему было немало (67 лет), когда он, сотрудник Рокфеллеровского института в Нью-Йорке, вместе со своими учеными коллегами Колином Мак-Леодом и Мак-лином Мак-Картти, сделал важный вклад в учение о генах. В 1944 г. была опубликована научная статья, в которой Эвери и его сотрудники раскрыли **химическую природу** вещества, ответственного за наследственные изменения.

Эвери экспериментировал с пневмококками – микронных размеров бактериями, вызывающими у людей воспаление легких. И показал, что наследственные черты могут передаваться от одной бактерии к другой посредством очищенного препарата молекул ДНК. Исследователи, вводя в культуру пневмококков ДНК, выделенную из микробов того же вида, но другой расы, вызвали у пневмококков появление признака, которым те прежде не обладали, но который был у «бывших владельцев» ДНК. Чтобы еще больше уверить себя (и мир) в своей научной правоте, экспериментаторы провели и контрольный опыт: перед тем как вводить, разрушили ДНК. На этот раз эффект передачи нового признака не был достигнут.

До этого считалось общепринятым, что гены – это особый тип белковых молекул, но нуклеиновые кислоты вовсе не были белками. Если учесть еще и тот факт, что присутствие ДНК было обнаружено в хромосомах всех клеток, то опыты Эвери заставляли предположить, что все гены состоят не из белка, а из ДНК. А если это так, то отнюдь не белки, а именно ДНК, казалось бы, должна дать ключ, который позволит узнать, каким образом гены определяют, в числе прочего, цвет наших волос и глаз, вероятно, и наш ум, а может быть, и даже нашу способность нравиться другим людям.

Впрочем, в 40-е годы прошлого века мнение о связи генов с ДНК еще не было однозначным. Многие тогда считали бактерии (пневмококки, в частности) совсем особой формой жизни, где все не так, как у людей или животных. Были и другие сомнения. Прославленный генетик Герман Меллер, к примеру, полагал, что ДНК – это просто вещество, способное вызывать изменения в генах, то есть производить мутации, и что сами гены имеют белковую природу...

Так что же все-таки собой представляют гены? Как они устроены? Какова их молекулярная природа? Об этом в 30-е годы прошлого века велись горячие споры в группе интересующихся биологией физиков, особенно в Германии. Заводилой там был немец Макс Дельбрюк (в 1937 г. он эмигрировал в США). Он-то и пригласил русского биолога Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского в группу, чтобы обучить физиков генетике.

Тимофеев-Ресовский (1900 – 1981), один из создателей радиационной генетики и молекулярной биологии, родился в Москве. В годы гражданской войны он, студент-зоолог, с оружием в руках в рядах Красной гвардии защищал советскую власть. Окончил Московский государственный университет (1925), был учеником известных русских генетиков Николая Константиновича Кольцова (1872 – 1940) и Сергея Сергеевича Четверикова (1880 – 1959). Участник (1921 – 1925) известного в научных кругах Москвы семинара, который в шутку вначале прозвали «Соор» (от слов «совместное орание»), а затем в «Дрозсоор» (после появления главного экспериментального объекта генетиков – мушки дрозофилы). В 1925 г. директор Института экспериментальной биологии член-корреспондент АН СССР Н. К. Кольцов на запрос наркома здравоохранения Николая Александровича Семашко послать кого-то из советских генетиков («по возможности молодого, но все-таки более или менее сформировавшегося...») для организации генетической работы в Германии – приглашало Общество Вильгельма по содействию наукам – назвал имя Тимофеева-Ресовского. Так этот русский ученый (он хорошо владел немецким языком) вместе со своей супругой Еленой Александровной оказался в Германии, где вынужден был оставаться вплоть до 1945 г. В Институте мозга в Берлин-Бухе исследо-

ватель прошел путь от научного сотрудника до руководителя отдела генетики и биофизики.

Тимофеев-Ресовский вместе с немецкими физиками К. Циммерманом и М. Дельбрюком подвергали дрозофил действию строго определенных доз ионизирующего излучения и регистрировал число мутаций – наследственных изменений. В опытах лишь малая часть квантов излучения производила мутации. Таким образом Тимофеевым-Ресовским и его немецкими коллегами было показано, что, подобно ядру в атоме, гены занимают в клетке лишь ее ничтожнейшую часть. Исследователи, рассматривая генетические структуры как «мишени», смогли примерно оценить и «объем» одного гена: что-то около 3000 атомов. С этой работы и началась молекулярная генетика. При анализе данных исследования Тимофеев-Ресовский любил повторять: «Нам деньги платят не за то, чтобы усложнять, а чтобы упрощать»; считал, что «науку нельзя делать со звериной серьезностью».

Идеи Тимофеева-Ресовского и его немецких соратников о природе вещества наследственности вдохновили одного из создателей квантовой механики, лауреата Нобелевской премии, австрийца Эрвина Шредингера (1887 – 1961) написать книгу «Что такое жизнь? С точки зрения физики» (вышла в Великобритании в 1944 г.). В ней в изящной форме, в лучших традициях теоретической физики, Шредингер высказал немало ценных соображений о генах. Во-первых, он указал физикам, что перед ними стоит фундаментальная проблема, высочайшая цель, достойная их усилий. Во-вторых, он предположил, что особые «генные молекулы», видимо, представляют собой «аперриодический кристалл» (генные бусинки Томаса Моргана), состоящий из совокупности нескольких повторяющихся элементов, точная последовательность которых, подобно азбуке Морзе, и составляет *генетический код*. Призывы Шредингера были услышаны. Вскоре после окончания Второй мировой войны началась совершенно новая эпоха генетических исследований. Тон в ней теперь задавали физики. В классической генетике ген мыслился абстрактным и неделимым, романтически же настроенные физики захотели «расщепить» ген, словно атом, докопаться до его генной сути, до физико-химической сердцевины.

А Тимофеев-Ресовский после окончания Второй мировой войны, как «невозвращенец», был осужден по 58-й статье («измена Родине») и приговорен к десятилетнему заключению. Могли, конечно, и расстрелять, но грамотного народа после террора осталось мало-вато, тем более, что в стране начались работы по созданию атомной бомбы и нужны были специалисты в области радиационной биологии. Известно, что, находясь в 1945 г. в Бутырской тюрьме, Тимофеев-Ресовский, невзирая ни на что, провел семинар о мутационном процессе, слушателем которого в числе других заключенных был Александр Исаевич Солженицын. Имя Тимофеева-Ресовского, автора многих капитальнейших трудов по генетике, стало широко известно лишь после публикации повести ленинградского писателя Даниила Гранина «Зубр».

После книги Шрёдингера многие физики тогда «переметнулись» в биологию. «Новички» были подчас мало знакомы с достижениями генетики, но они привнесли с собой в эту область свое особое, физическое мышление, и это оказало сильное влияние на прогресс генных исследований.

Если, как это следовало из опытов Освальда Эвери, гены действительно заключены в молекуле ДНК, то необходимо детально изучить ее структуру. Подобные знания мог дать достаточно развитый к тому времени усилиями физиков рентгеноструктурный анализ. Направив узкий пучок рентгеновских лучей на кристалл, удастся зарегистрировать на фотопластинке за кристаллом картину, состоящую из большого числа закономерных расположенных пятен. Такая рентгенограмма позволяет установить химическую природу данного кристалла и расположение в нем атомов.

Вот такую кристаллографическую методику и попытались физики приспособить для изучения ДНК, этого, по словам Шрёдингера, «аперриодического кристалла» и других молекул живой материи. Анализируя, расшифровывая те рентгенограммы, которые давало облучение ДНК, «болтая с биологами», выпытывая у них необходимые для работы генные знания, не страшась упреков «в малограмотности», не робея ни перед какими авторитетами настоящего и прошлого, надеясь набрести на особые физические законы жизни, дерзко и весело физики и химики неуклонно шли вперед. В резуль-

тате у большого здания классической генетики рядом оказалась еще больша пристройка – молекулярная генетика.

Уникальность ДНК в том и состоит, что в природе это единственная молекула, способная «размножаться делением», воспроизводя себя, давая живым клеткам шанс непрерывно удваивать их число. А научной истиной это положение стало во многом благодаря исследованиям Эрвина Чаргаффа.

Чаргафф, австриец по национальности, родился в 1905 г. в городе Черновцы (тогда это была Австро-Венгрия, теперь – территория Украины). Окончил Венский университет (1928), биохимик, работал в Берлине; с приходом нацистов перебрался в Париж, затем оказался в США (гражданин этой страны с 1940 г.). Много лет отдал он изучению нуклеиновых кислот. Чаргафф рос и воспитывался в атмосфере классической науки. Материальные основы генетики тогда еще не были известны. Возможно, поэтому, отдав делу изучения ДНК и РНК так много времени, имея в этой области огромные заслуги, он с недоверием и даже с неприязнью встречал последние новшества молекулярной генетики.

Он вспоминает, как поразило его сообщение Освальда Эвери (1944) о том, что таинственные гены, вроде бы, спрятаны в нуклеиновых кислотах: «Я был просто потрясен. Мне вдруг показалось, что я вижу неясные контуры грамматики биологии».

Чаргафф резко повернул руль своих научных поисков и занялся химией ДНК. И удача сопутствовала ему. Ученый доказал, что в структуре ДНК число молекулярных остатков аденина (А) всегда равно числу остатков тимина (Т), а число остатков гуанина (Г) – числу остатков цитозина (Ц). Согласно Чаргаффу выходило, что в молекуле ДНК буквы алфавита подчиняются следующему математическому закону:

$$A + G = T + C.$$

Это открытие сразу многое прояснило. Прежде всего то, почему в генетическом алфавите *четное* число букв (четверка: А, Г, Т, Ц). Понятно, нечетное число букв – три, пять и так далее – нельзя разбить на пары.

Стало понятным и то, каким образом удваивается молекула ДНК, плодя точные свои копии. Существование двух взаимосвязанных через дополнительные буквенные пары $A - T$ и $G - C$ спиралей, внешнее надстраивание на них дополняющих букв позволяет при роде легко размножать ДНК и клетки.

Процесс идет таким образом. Одна материнская цепь, назовем ее «нить I», воспроизводит дочернюю нить – цепь II, а вторая материнская нить (II), воспроизводит дочернюю цепь I. Вот так вместо одной возникают уже две молекулы двуцепочечной ДНК. Затем, если считать общее их число – 4, 8, 16 и так далее (эстафета поколений!), их количество увеличивается в геометрической последовательности до бесконечности. То есть до наших дней.

24 апреля 1953 г. в английском научном журнале «Nature» («Природа») была напечатана статья, начинавшаяся словами: «Мы предлагаем вашему вниманию структуру соли дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Эта структура имеет некоторые новые свойства, которые представляют значительный биологический интерес».

Так в генных исканиях открылась новая эра. В центр поисков, наконец, была поставлена открытая 84 года назад Фридрихом Мишером молекула ДНК. Авторами упомянутой статьи были тогда мало кому известные ученые – англичанин Фрэнсис Харри Крик и американец Джеймс Дьюи Уотсон.

Уотсон родился в Чикаго в 1928 г. Интерес к биологии привил ему отец: он дарил сыну книжки о птицах, брал с собой на прогулки за город. Из чтения в публичной библиотеке разных энциклопедий Уотсон узнал слово «эволюция», стал задумываться над тем, что же это такое «живые существа» и откуда они взялись? Окончил (1947) Чикагский университет (поступил в него в 15 лет!), в 22 года стал доктором философии (научная степень, нечто среднее между советскими степенями доктора и кандидата наук) по зоологии. Но вовсе не зоология заставила Уотсона покинуть родной Чикаго и переехать в Англию, в тихий научный городок Кембридж. До этого учителями Уотсона были выдающиеся генетики – Герман Меллер и Макс Дельбрюк. («Сам Дельбрюк, – вспоминал впоследствии Уотсон, – увлекался биологией под влиянием Тимофеева-Ресовского. И если Лу-

рия и Дельбрюк – мои отцы, то Тимофеев-Ресовский мой дедушка в ней»). Еще с университетской поры Уотсоном владело желание познать, что же такое ген. Эта жажда и привела его в Кембриджский университет, где он стал соавтором выдающегося открытия, которое потом сделало его почетным членом многих иностранных академий, консультантом президента США по науке, дало ему широкие возможности для организации исследований по молекулярной генетике. Манера Уотсона высказываться напрямик о том, что его волнует, помогла ему нажить не только множество врагов, но и друзей. В Кембридже он получил прозвище «честный Джим». В 60-е годы Уотсон выступил с требованием прекратить все исследования, ведущиеся в США в области бактериологического оружия, и превратить военно-бактериологический центр Форт-Детрик в мирную лабораторию.

А еще Уотсона называли «счастливчик Джим». И не только потому, что его научная судьба сложилась удивительно счастливо (лауреатом Нобелевской премии он стал в 34 года). Счастливой случайностью для этого, тогда еще не оперившегося биолога, стала встреча в Кембридже с физиком Фрэнсисом Криком. Атмосфера научных исканий Уотсона, Крика и окружающих их людей нашла яркое отражение в нашумевшей некогда книге Джеймса Уотсона «Двойная спираль», где подробно описаны все перипетии истории открытия структуры молекулы ДНК. Эта книга, быстро и неожиданно ставшая бестселлером (наряду с последними произведениями Агаты Кристи и Жоржа Сименона), переведенная вскоре на множество языков, прославила имена Уотсона и Крика гораздо больше, чем это сделали все вместе взятые их научные труды.

Крик родился в 1916 г., физик, степень бакалавра получил еще в 1937 г. Во время войны работал в Морском министерстве Великобритании, создавал радарные системы – средства защиты от немецких мин. С 1947 г. начал работать в Кембридже, интересовался строением биологических полимеров. Были тогда люди, которые сомневались в том, что научная удача еще улыбнется Крику. Известный физик Фримен Дайсон, к примеру, говорил, что ему жаль способного ученого, который упустил время, занимаясь военной нау-

кой. А разница между военной наукой, добавлял Дайсон, и наукой вообще такая же, как между военной музыкой и музыкой, и что вряд ли выйдет что-либо путное из нового увлечения Крика биологией.

В «Двойной спирали» Уотсон утверждает, что бросить физику и заняться биологией Крика побудила книга Эрвина Шрёдингера «Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки». Особенно та ее часть, где Шрёдингер излагал свои соображения о генах. «В то время Крику было уже тридцать пять лет,— пишет Уотсон,— и тем не менее он был почти совершенно безвестен. Хотя некоторые из его ближайших коллег понимали силу его быстро схватывающего и пронизательного ума и часто обращались к нему за советом, его недооценивали и большинство считало, что он слишком говорлив...» Обладая несомненным талантом юмориста, Уотсон дает Крику такие характеристики: «Я никогда не видел, чтобы Фрэнсис Крик держался скромно. Может быть, где-нибудь такое с ним и бывает. Но мне при этом быть не приходилось. И дело вовсе не в его нынешней славе... Хотя обыкновенно он был вежлив и считался с коллегами, которые никак не могут понять подлинного смысла своих собственных последних экспериментов, но все же он никогда не скрывал от них этого факта. ...В результате все испытывали перед Криком тайный, но несомненный страх, особенно те, кому только еще предстояло утвердить свою репутацию. Быстрота, с которой он схватывал открытые ими факты и пытался внести в них ясность, часто заставляла сжиматься сердца его приятелей, опасавшихся, что вот-вот он добьется успеха и раскроет перед всем миром скудоумие своих коллег...»

Знаменитый американский изобретатель Томас Алва Эдисон (1847 – 1932) прямо указывал: «Гений – это на 99 процентов труд до изнеможения и на один процент игра воображения».

Практика Уотсона и Крика, их путь к открытию опровергают подобные утверждения. После прочтения книги «Двойная спираль» остается странное впечатление. Они не корпели с утра до ночи над трудными экспериментами или же изнурительными расчетами. Как же тогда союз этих подозрительных людей привел к едва ли не самому важному из открытий XX века? А разгадка проста. Дело в том,

что в основе поисков Уотсона и Крика лежали очень простые соображения. Ученые понимали, по какой дорожке им следует идти, каких ориентиров придерживаться. Все это они узнали у Лайнуса Карла Полинга (1901 – 1994). Нет, Полинг не делился с Уотсоном и Криком никакими секретами. Более того, даже был их потенциальным соперником. Просто Полинг, позднее удостоенный сразу двух Нобелевских премий – и как выдающийся химик (1954), и как известный борец за мир (1962), тогда, в 1951 г., только что разгадал структуру, устройство главного «каркаса» белков. Основным компонентом их структуры стала α -спираль. Но главным ободряющим, вдохновляющим обстоятельством для Уотсона и Крика стало даже не это, а то, как Полинг этого добился. Вот что по этому поводу писал в «Двойной спирали» Уотсон: «Скоро я усвоил, что успех Полинга был делом простого здравого смысла, а не результатом каких-то сложных математических выкладок. В его рассуждениях иногда попадались уравнения, но в большинстве случаев и их можно было заменить словами. Ключом к удаче Лайнуса послужило его доверие к простым законам структурной химии, α -спираль была открыта не простым созерцанием рентгенограмм; главный фокус состоял в том, чтобы задать себе вопрос: а какие же атомы рядом с какими предпочитают сидеть? Основными рабочими инструментами были не бумага и карандаш, а набор молекулярных моделей, похожий на детский конструктор».

Революционное для биологии открытие было совершено в невзрачном домике, в комнатке, где едва помещались шкаф и два стола. Все было забито книгами, кристаллографическими моделями да стопками негативов. На них можно было увидеть темные пятна и полосы: это были рентгенограммы молекул ДНК.

Со стороны могло показаться, что Уотсон и Крик действительно занимаются какой-то детской игрой. Или... разгадыванием объемного кроссворда, в котором на «вертикалях» и «горизонталях» много, очень много незаполненных клеток. Пользуясь вращающимися сочленениями, они соединяли окрашенные в разноцветные тона элементы, изготовленные из дерева, пластика, металла, в сложные сооружения, напоминающие скульптуры абстракционистов.

Надо было только угадать, как природа соединила в цепочки четыре основных компонента (химики давно уже выделили их из ДНК, установив их состав) – четыре азотистых основания: аденин (сокращенно *A*), гуанин (*G*), цитозин (*C*) и тимин (*T*). Как связаны они друг с другом двумя «склеивающими» элементами – сахарной и фосфатной группами?

Уотсон и Крик стремились так расположить соединенные проводочками (они условно обозначали химические связи) шарики-атомы, чтобы возведенная конструкция соответствовала рентгенограммам ДНК. Их для Уотсона и Крика получал английский физик – он тоже работал в Кембридже – Морис Уилкинс. Уроженец Новой Зеландии, ровесник Крика, специалист по рентгеновской кристаллографии, Уилкинс во время войны был участником совместного американско-английского атомного проекта. Это занятие, признавался Уилкинс, намного снизило его интерес к физике, и в послевоенные годы он переключился на биофизические исследования.

И все же конец этим комбинаторным исканиям наступил. Однажды Уотсон и Крик обнаружили, что всем требованиям удовлетворяет модель, представляющая собой двойную спираль (потому так и была названа книга Уотсона). Поиски можно было прекратить. Ученым повезло: они сравнительно быстро попали в точку – трудились, возясь с моделями, всего два года.

И модель в виде двойной спирали (все ее детали были описаны в статье, опубликованной в «Nature») тогда, в 1953 г., представлялась не более чем изящной и смелой до нахальства гипотезой. В ней все требовало проверки. Двойная спираль? А почему не тройная, не четверная?.. Произвольно ли чередуются в спиралях основные элементы – *A*, *G*, *C* и *T*? Или, как думали прежде многие, какие-то их комбинации, скажем, *ATCG*, служат основными блоками, и генетические послания заключены в формулах типа $(ATCG)_n$, где *n* – неизвестные пока целые числа?.. В самом ли деле молекулы ДНК закручены в спирали? Если да, то какие они, спирали – левые или правые?..

Последующие детальнейшие проверки в основном подтвердили, а не опровергли их представления. Модель выдержала самые строгие экзамены (среди экзаменаторов был и обойденный в этой

научной гонке, главный соперник Уотсона и Крика, Лайнус Полинг). А высшей наградой для Уотсона, Крика и Уилкинса стало присуждение всей троице в 1962 г. Нобелевской премии.

Созданная природой за миллионы лет эволюции молекула ДНК очень изящна и элегантна. Считается, что внешне ДНК похожа на... штопор! И еще одна полезная для запоминания «силуэта» ДНК параллель. Если умозрительно раскрутить уотсон-криковскую двойную спираль и уложить ее в плоскости, то эта молекула примет вид веревочной лестницы, причем сахарная и фосфатные группы (превращающие ДНК в полимер) будут связывать узлы лестницы по ее длине, а несущие смысловую, информационную, нагрузку основания *A, T, G* и *C*, разбившись на пары, создадут ступени этой воображаемой лестницы.

Цепь ДНК можно разбить на отдельные отрезки. Каждый из них – важнейший итог исследований – и представляет собой **ген**, эту элементарную единицу наследственности. Да, ныне принято отождествлять ген с выполняющим определенную функцию участком молекулы ДНК (например, синтез одного из нужных живой клетке белков). Считается, что средний по размеру ген складывается примерно из 1500 пар нуклеотидов (каждый нуклеотид – совокупность сахара, фосфата и двух оснований из набора *A, T, G* и *C*). Таким образом, удалось, наконец, в деталях и подробностях разглядеть то, о чем твердили Мендель, Морган и их последователи. Так был нарисован портрет прежде почти мистического, абстрактного (классическая генетика) понятия «ген».

Молекула ДНК имеет огромную длину. ДНК – крупнейший из известных нам полимеров. Протяженность молекулы наследственности в миллиарды раз больше ее толщины. Скажем, извлеченная из клетки человека ДНК имеет $3 \cdot 10^9$ – три миллиарда – ступеней-оснований! Еще цифры. Длина ДНК в одной-единственной клетке человека, если ее вытянуть из всех 23 пар хромосом, составляет порядка двух метров. Поскольку в организме взрослого человека находится что-то около 10^{13} клеток, то общая протяженность всех ДНК человека составляет соответственно $2 \cdot 10^{13}$ метров, или $2 \cdot 10^{10}$ километров! С чем это сравнить? Да хотя бы с окружностью

земного шара – $4 \cdot 10^4$ км. Или с расстоянием от Земли до Солнца – $1,44 \cdot 10^8$ километров!

Смысл этого понятен. Построенная всего лишь из четырех элементов-звеньев (*A, T, G и C*), ДНК тем не менее способна разнообразием своих структур закодировать астрономические бездны генетических сведений. В различных последовательностях (всевозможные цепочки типа *ГГАТЦТТА...*) четыре основных генных знака – *A, T, G и C* – могут создать 4^n (где *n* – миллионы? миллиарды?) умопомрачительное количество вариантов.

Величину подобных чисел легко осознать, если принять в расчет, что, по подсчетам физиков, общее количество всех элементарных частиц во всей нашей как видимой для глаз, так и незримой Вселенной не больше, чем 10^{88} . Что, конечно же, гораздо меньше общей возможной длины генетических посланий.

Итак, наука о живом докопалась до отдельных генов. Извлекла их на свет. Ученые начали вглядываться в письменность наследственности, стремясь понять ее смысл, чтобы приступить к расшифровке генных инструкций.

Репликация, удвоение ДНК, идет с большой, прямо-таки пулеметной скоростью: до 500 букв в секунду у бактерий, до 50 букв – у млекопитающих. И этот процесс идет ежедневно, ежечасно, ежеминутно. Он поражает наблюдателя еще и своей точностью. Точно установлено учеными: при копировании ДНК человека, например, когда в каждой спирали содержится несколько миллиардов генных букв, число ошибок достигает крупной величины – до десятков тысяч (!) на каждое клеточное деление.

И это не самые страшные для живой материи факты. Живая клетка, а вместе с ней и ДНК, часто оказывается под грозным воздействием ультрафиолетовых, рентгеновских и прочих вредных излучений. Спирали ДНК корежат, «выбивая» генные буквы, и различные попадающие в клетку химические агенты. Но даже если внешняя среда чиста, то и тут искажения в ДНК имеют место, на этот раз уже самопроизвольные, вследствие тепловых ударов. Подсчитано, что при температуре 37°C в промежутках между двумя делениями клетки ДНК теряют в среднем до 20 букв-оснований.

Вначале генетики думали, что постоянство – это-де особое свойство генов, которые не подвержены никакому влиянию внешних воздействий. Но тогда, спрашивалось, как же можно было совместить с этим огромную гибкость, подвижность, удивительную приспособляемость, явную тягу живой материи к обновлению?

Страстные дискуссии продолжались и после открытия Уотсона и Крика, когда структура ДНК обнажила свои очертания. Не сразу ученые догадались о существовании в клетке специальной ремонтной службы – наличии микроспецов, денно и ночью пекущихся о сохранении чистоты смысла первоначальных генных записей.

Кстати, тут еще раз проявило себя значение двухнитчатости ДНК. Она необходима не только для создания идентичных копий генетического материала, но и для сохранности записанной в ДНК информации, ибо повреждения редко затрагивают *сразу две* спирали. И целостность второй, неповрежденной, спирали, позволяет тут же начать ремонтные работы.

Кто же взял на себя в клетке роль мастеров-ремонтников, заботливых сторожей традиций? Особые белки-ферменты, названные **рестриктазами** и **лигазами**. Рестриктазы рвут, разрезают последовательность букв в ДНК, но делают это не как попало, а лишь в тех местах, где имеется сочетание строго определенных генных букв, узнаваемых только данной рестриктазой. Арсенал рестриктаз постоянно пополняется и, благодаря открытиям ученых, включает уже более 400 наименований. Любопытно, что рестриктазы открыли, в известной мере, случайно, ища ответ на совершенно другой вопрос: как клетке удастся справляться с проникшими в нее вместе с бактериями или вирусами чужеродными ДНК.

Вот так стала ясна кухня «рубки» молекул ДНК на части. И тут же появились сомнения: а не разбегутся ли разрезанные куски в разные стороны, не затеряются ли? Как их потом соберешь в нечто целое? Как удастся клетке создать из обрезков ДНК нечто для нее полезное? Получалось, что кроме ножниц, вырезающих, удаляющих ненужные, лишние фрагменты (повреждения, генные опечатки и так далее), необходимы и «липучки» – средства для «склейки» кусочков ДНК. И тут ученым повезло: они вскоре обнаружили ферменты ли-

газы, специализирующиеся на сшивании частей ДНК, на восстановлении ее целостности.

Открытие в 1953 г. двойной структуры ДНК было несомненным ярким триумфом менделизма и хромосомной теории наследственности. Но за успехи в одной области часто приходится расплачиваться забвением или пренебрежением к другим, не менее важным фактам, например, с этого времени всякое наследственное изменение стало связываться исключительно с изменением в тексте ДНК или в структуре хромосом (генные, хромосомные и геномные мутации). Такого рода мутации считались редкими, случайными неупорядоченными событиями. Успехи молекулярной «материализация гена», незаметно переросли в «центральную догму»: все в сфере наследственности подчинено иерархии приказов в направлении ДНК – РНК – белок. Словоупотребление «центральная догма» появилось в среде молекулярных биологов, уверенных первое десятилетие после 1953 г. в непогрешимости и вседостаточности своих открытий. Между тем в догму не входила вся проблематика изучения нестабильных генов, работы по цитоплазматической, а также по динамической, не связанной с изменениями ДНК наследственной изменчивости.

Из модели Дж. Уотсона и Ф. Крика следовало, что ген можно представить как некоторую единицу нуклеиновой кислоты, воспроизведение – как авторепликацию двойной цепи ДНК, мутацию – как изменение структуры нуклеиновой кислоты в пределах локуса, а функцию гена – как перевод информации, заложенной в данном отрезке ДНК, в специфичность соответствующего белка.

Генетическое «чтение» – процесс очень активный, действенный. Он может запустить в работу – сначала в клетке, а потом и в организме – сложнейшую биохимическую фабрику. Записанные на ДНК инструкции вначале копируются другой нуклеиновой кислотой – «информационной» РНК (рибонуклеиновая кислота), которая несколько отличается от ДНК по химическому составу и имеет меньшие размеры. Затем в действие вступают другие – «транспортные» и иные РНК. Они переносят генетическое послание в «цехи», где идет химический монтаж всех необходимых клетке соединений.

Не торопясь, словно корабли, к молекуле ДНК подплывают многочисленные молекулы: они начинают строить точную копию одного из участков ДНК. Возводимая на наших глазах РНК – вовсе не длинная нитка из бусинок-оснований. Этот слепок ДНК. Вероятно, во время свертывания РНК уже идет обработка информации, «списанной» с ДНК.

Теперь – новый этап. Клубок РНК плывет к одной из рибосом – особой частице. Рибосома – ее форма близка к сферической – поочередно запускает в свои недра то одну, то другую петлю из клубка (выступы, петли, скорее всего, подсказывают рибосоме, как надо вести «чтение» РНК) и принимается за дело. Конечная цель всей этой бурной деятельности – синтез белков (второе их название «протеины», от греческого «протос» – первый, важнейший), что подчеркивает исключительную роль белков в процессе жизнедеятельности). Белки, эти «рабочие муравьи» клетки, принимают участие в синтезе не только тысяч необходимых клетке химических веществ, но и сами создают нуклеиновые кислоты ДНК и РНК.

Итак, подчеркнем еще раз: проводить параллели между чтением обычным и генетическим следует очень осторожно. И это не раз подчеркивали классики учения о наследственности. Один из них, Эрвин Шредингер, в книге «Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки» писал об этом так: «...Но термин «шифровальный код», конечно, слишком узок. Хромосомные структуры служат в то же время и инструментом, осуществляющим развитие, которое они же предвещают. Они являются и кодексом законов, и исполнительной властью. Или, употребляя другое сравнение, они являются и планом архитектора, и силами строителя в одно и то же время».

Химикам известно: абсолютно любой белок – человеческий ли, животный, растительный, микробный – можно изготовить (природа делает это великолепно), имея под рукой 20 аминокислот. Аминокислоты представляют собой сравнительно простые химические соединения. В этом легко убедиться, взглянув на химические формулы аминокислот. Одна из первых проблем, за разрешение которой взялись ученые, состояла в том, чтобы найти, как в четырех буквах генетического алфавита зашифровать сигналы для запуска синтеза

каждой из 20 аминокислот. Какой для этого должен быть построен генетический код?

Тут нам стоит вспомнить простейшие принципы кодирования. Хотя бы азбуку Морзе. Ее предложил в 1838 г. американский художник и изобретатель (да, он не только изобрел электромагнитный телеграфный аппарат, но был автором исторических полотен и парадных портретов) Сэмюэл Морзе (1791 – 1872).

Морзе догадался, как, используя всего лишь два элемента – тире и точку (длинный и короткий электрические сигналы), можно зашифровать все буквы любого алфавита. К примеру, русского. Точка и тире – это буква *А*, тире и две точки – *Б*, точка и два тире – *В* и так далее. Так по телеграфу можно передавать слова и предложения. Ученым предстояло понять, какие же последовательности генетических букв *А, Г, Т, Ц* кодируют изготовление 20 аминокислот, какой вид имеют аминокислотные депеши.

Первым попытался отгадать вид генетических слов русский физик Георгий Антонович **Гамов** (1904 – 1968). Он родился в Одессе, окончил Ленинградский университет (1926), работал в Геттингене, Копенгагене, Кембридже, в Физико-техническом институте в Ленинграде. В 1933 г., успев стать членом-корреспондентом Академии наук СССР (1932), эмигрировал сначала во Францию, затем в Англию. С 1934 г. стал жить в США, где его уже называли Джордж Гамов. Пытливый ум Гамова многое дал науке. В круг разнообразных интересов Гамова попала и молекулярная генетика.

В 1954 г. Гамов вынес на суд биологов следующую гипотезу. Он предположил, что каждая аминокислота кодируется в ДНК **не одним** набором генетических символов – четырех знаков-букв *А, Г, Т* и *Ц* недостаточно, чтобы зашифровать 20 аминокислот, **не двумя** $4 \times 4 = 16$ (сочетания букв *АГ, ТГ, ЦА* и т. д.) – и этого количества символов маловато, **а тремя** $4 \times 4 \times 4 = 64$ (комбинации триплетов *АГТ, АЦГ* и так далее), расположенными в цепи ДНК.

64 больше 20? Не всякой тройке генетических букв (эти триплеты были в молекулярной генетике названы «кодонами») соответствует своя аминокислота? Да, это так. Последующие исследования показали, что предложенный Гамовым триплетный код вырожден.

Это означает, что большинству аминокислот отвечает сразу несколько кодонов. Каждый из них запускает в действие синтез одной и той же определенной аминокислоты. (И, возможно, чем важнее аминокислота для живой клетки, тем большее число триплетов-кодонов ей соответствует.)

Так, вначале теоретически Гамовым (профессиональным физиком-теоретиком) было высказано предположение, что важнейшие из генетических слов имеют трехбуквенный вид.

Первое слово генетического кода прочли, подтвердив гипотезу Гамова, молодые (тогда) американские биохимики Маршалл Ниренберг и Генрих Маттеи. Сообщение о своем успехе они сделали 14 августа 1961 г. на заседании V Международного биохимического конгресса, проходившего в Москве. Известие это произвело на присутствующих впечатление взрыва информационной бомбы. Рассказывают, что один из переводчиков-синхронистов (часто этим занимаются сами научные работники) был настолько взволнован, что стал для русской аудитории переводить с английского на ...английский! Что же сделали Ниренберг и Маттеи? Они показали, что синтез аминокислоты фенилаланин кодируется кодоном ААА. Как это удалось установить? К тому времени ученые уже умели синтезировать кое-какие РНК. Однако предлагать их живой клетке было бессмысленно: она такой «подарок» просто-напросто съела бы, расщепив до отдельных генетических букв, которые в свою очередь использовала бы для строительства нужных ей РНК. Поэтому американские исследователи использовали не клетки, а клеточные экстракты, которые еще могли нарабатывать аминокислоты, но вместе с тем не содержали расщепляющих РНК ферментов. И вот бесклеточной системе был задан вопрос: какой аминокислоте соответствует кодон ААА? Ответ был получен тут же: триплету ААА отвечает аминокислота фенилаланин. Этот предельно четкий эксперимент произвел в молекулярной генетике настоящую сенсацию. Путь к расшифровке генетического кода был открыт.

Дальше оказалось еще интереснее. В генах закономерно расположенные буквы постоянно прерываются «бессмысленными последовательностями», по крайней мере, они не являются частями гене-

тической инструкции по синтезу данного белка. Эти «посторонние последовательности» (названные «интронами» в отличие от «экзонов» – последовательностей, которые выражают необходимые «инструкции») имеют такую же длину, как и значащие генетические последовательности, или даже бывают длиннее их.

Таким образом, оказалось, что ДНК несет гены, которые сами имеют сложную внутреннюю структуру. Стало еще более понятным, насколько сложным является процесс химического чтения генетических текстов. Оно идет в несколько этапов. Сначала особые РНК снимают с ДНК весь текст целиком, как бы делают его слепок. Затем начинается постепенное удаление, вырезание (этот процесс называют созреванием молекул РНК) лишних, не кодирующих аминокислоты, кусков – «интронов».

Гены можно разделить на уникальные – они встречаются в геноме один-единственный раз (в крайнем случае, в виде очень небольшого числа копий) – и множественные. Последние повторяются десятки, сотни раз. Обычно они группируются в каком-нибудь одном участке ДНК. Их роднит то, что они «знают» свое место, имеют точный адрес. Сравнительно недавно была обнаружена особая группа множественных генов. Их положение в ДНК не было строго регламентировано, они словно бы странствовали по геному. Эти гены получили название «прыгающих» генов.

Открыла «подвижные» гены американская исследовательница Барбара МакКлинтон. Еще в 40-е годы прошлого века, изучая кукурузу, она получила в ней ряд мутаций, которые объясняла наличием генных элементов, меняющих свое место от растения к растению. (Любопытно, что всю жизнь МакКлинтон предпочитала работать одна, даже без лаборантов).

Мысль о «подвижной» генетике была настолько революционной, что к ней отнеслись с большим недоверием, эти соображения просто игнорировали. И только в 1983 г. МакКлинтон была удостоена за свое открытие Нобелевской премии. Долгое время полагали, что «подвижные» гены – удел лишь растений да бактерий, что геномы животных и человека все-таки стабильны. И с этой догмой пришлось расстаться. В 1977 г. в американском журнале «Science»

было опубликовано сообщение группы советских ученых (возглавлял ее заведующий лабораторией биосинтеза нуклеиновых кислот Института молекулярной биологии Академии наук СССР академик Георгий Павлович Георгиев) о том, что у дрозофилы также имеются подвижные гены.

Г. П. Георгиев и его сотрудники назвали такие гены «мобильными диспергированными генами», сокращенно МДГ. Группа же американских исследователей, возглавляемых Д. Хогнессом (Станфордский университет, штат Калифорния, США), подтвердившая в 1979 г. открытие советских ученых, использовала в обозначениях более поэтические названия: «сориа» (копия), «гурсу» (цыган), «Beagle» (в честь корабля «Бигль», на котором совершил свое знаменитое путешествие Чарльз Дарвин), «гоо» (крошка Ру из «Винни-Пуха») и так далее.

Так стараниями ученых из разных стран был совершен переход к генетике «подвижной», начался прорыв из мира генного постоянства в стихию генетической нестабильности.

Вскоре после обнаружения подвижных элементов генома Фрэнсис Крик еще раз выказал свою ярко выраженную способность давать толкование чужим экспериментам. Он предположил, что «прыгающие» гены являются «*эгоистической*» ДНК. (Этот термин был предложен ранее для обозначения частей ДНК, которые не выполняют полезные для клетки функции, но, тем не менее, в ней присутствуют.)

«Прыгающие» гены – это «генетические паразиты», приживалы, нахлебники, особые генные образования, находящиеся с полезной ДНК хозяина в симбиозе, считал Крик. Они не вредят клетке, но и пользы никакой ей не приносят. Это некий генетический балласт (некоторые МДГ с помощью скрещиваний удастся удалить из организма, и это, вроде бы, никак не сказывается на его жизнеспособности), от которого трудно избавиться. Гены-«эгоисты» не кодируют синтез какого-либо белка, они заняты только проблемой самосохранения и, если удастся, размножения.

Такие представления преобладали прежде. Теперь они начинают меняться. Подвижные элементы представляют собой автономные

единицы, в нуклеотидной последовательности которых заключена информация о структуре специализированных белков, обеспечивающих их перемещение. Такое перемещение (или транспозиция) достигается за счет специфического взаимодействия соответствующего белка с концевыми последовательностями перемещающегося элемента. Процесс транспозиции можно разделить на два этапа. На первом нуклеотидная последовательность концевых участков подвижного элемента соединяется с ДНК-мишенью, специфически расщепленной на участке встраивания. На втором этапе происходит репликация подвижного элемента, не сопровождающаяся репликацией ДНК, в которую происходит встраивание. Таким образом, одна копия подвижного элемента оказывается включенной в ДНК-мишень, а другая сохраняет свою прежнюю локализацию. При этом обычно происходит дупликация небольших участков последовательности ДНК-мишени (по 5 – 9 п. н.) в примыкающих к каждому из концов встроившегося элемента. Для подвижных элементов различного типа порядок реализации этих этапов может быть различным. Был предложен целый ряд возможных механизмов транспозиций. Следует отметить, что в рамках таких механизмов удовлетворительное объяснение должны найти самые разнообразные явления, так или иначе связанные с транспозицией.

Транспозоны и клетки-хозяева рассматривают как отдельные взаимодействующие единицы, причем клетка-хозяин предоставляет среду обитания чужеродной ДНК транспозона. Но часто транспозоны столь тесно связаны с хозяйским геномом, системами транскрипции, трансляции и т. п., что проводить подобные разграничения затруднительно. Более того, транспозоны представляют собой настолько неотъемлемую часть геномов высших эукариот, что представить эволюционные последствия их внезапного исчезновения практически невозможно.

Одним из основных вопросов, на который до сих пор нет ответа, остается вопрос о том, каким образом транспозоны (ТЕ) столь основательно закрепились в геноме высших эукариот. Известно, что у прокариот ТЕ обычно не формируют стабильных связей с хозяйским геномом. У низших эукариот с упрощенными геномами темп

размножения ТЕ сравнительно невысок, они обычно находят «безопасные» для встраивания места, где не приносят заметного вреда хозяину. Однако с увеличением размера генома увеличивается и содержание в нем ТЕ. Какие особенности высших эукариот и их ТЕ способствуют возникновению такой прочной связи?

Любопытно, что по данным, полученным Р. Л. Берг, вызванные массовыми прыжками «подвижных» генов мутации как бы подвержены «моде». В 30-е годы XX в. частота мутаций, вызывающих у дрозофил желтую окраску тела и белую окраску глаз, возросла в сотни раз, и эта «мода» длилась до 40-х годов. В конце 60-х у дрозофил возникла новая «мода» – на брюшко уродливой формы, это генное поветрие длилось лет пять и было вытеснено мутацией «опаленные щетинки».

В последние годы все большее подтверждение получает гипотеза о том, что благодаря перемещающимся элементам генофонды всех живущих на Земле организмов оказываются объединенными в общий генофонд всего живого мира. Возможно, что транспозоны объединяют между собой разошедшиеся еще десятки миллионов лет назад виды в единую генетическую семью.

Итак, в последнее двадцатилетие XX века человек знал о языке генетической программы, управляющей развитием организма, и об устройстве тех систем и клетки, которые эту информацию считывают и воплощают в материальные структуры клетки и организма, уже достаточно много. Достаточно много, чтобы задуматься о возможности самому попытаться изменить эту программу, изменить, переписать ее содержание, самому сконструировать новые организмы с комбинацией признаков, которая не существует в природе. В сущности, это и означает, что мы подошли к рубежу когда можем управлять эволюцией – возникновением новых живых организмов.

ДНК-ТЕХНОЛОГИИ

«Через 50 лет мы избавимся от абсурда выращивания целой курицы для того, чтобы съесть только грудку или крылышко, и будем выращивать эти части по отдельности в подходящей среде...»

Уинстон Черчилль, 1932 г.

В начале 80-х годов XX века министр сельского хозяйства США Джон Блок сделал громогласное заявление. Он объявил о том, что ученые Висконсинского университета (город Мэдисон) в ходе исследований совершили настоящий переворот в науке, что в генетике растений начинается новая эра.

Что же произошло? Такой шум возник из-за того, что удалось передать подсолнечнику ген фасоли, который теперь контролирует в нем синтез одного из белков. Полученная учеными растительная химера получила название «санбин» («*sunbean*», буквально «солнечная фасоль»), ибо ее родителями стали подсолнечник («*sunflower*») и фасоль («*bean*») – растения, состоящие в далеком родстве.

Санбин – действительно свидетельство больших возможностей генетической инженерии. Но означает ли это, что сбылись заветные чаяния ученых? Что биоинженерия подошла к совершенно новому, очень важному для нее этапу? Что скоро с голодом на земном шаре будет покончено? Конечно же, нет. До этого еще очень и очень далеко. Санбин – лишь заявка в будущее (развившееся, способное дать потомство зеленое растение, получено не было, пока это всего лишь шарообразный сгусток клеток), только один из шансов добиться успеха, лишь зацепка, пренебрегать которой, однако, не стоит.

ДНК-технологии можно определить как отрасль биологии, которая изучает явления и конструирование наследственности и изменчивости. Современный этап ДНК-технологий неразрывно связан с необходимостью увеличения источников благосостояния и здоровья человечества. ДНК-технологии стремительно увеличивают наши знания в одной из наименее исследованных областей – на-

следственности – и законов ее изменения естественным и экспериментальным путем.

Наибольшие успехи сегодня накоплены в хромосомной инженерии, при замещении отдельных хромосом на внутривидовом уровне у злаковых, в первую очередь у пшеницы.

Созданы полные замещенные серии у пшеницы. Таких серий в мире уже известно около 30. Одной из лучших признана созданная в Институте цитологии и генетики СО РАН серия по комбинации Саратовская 29 x Янецкис Пробат. Это означает, что у сорта Саратовская 29 каждая из 21 пары хромосом замещена на гомологичную хромосому от сорта-донора Янецкис Пробат. Доказано, что чистое замещение прошло по 18 из 21 хромосомы. Чтобы понять смысл этой работы, покажем, к чему привело замещение двух хромосом сорта Диамант на гомологичные хромосомы сорта Новосибирская 67. У сорта Диамант высокий процент клейковины, но плохие хлебопекарные качества, у сорта Новосибирская 67 – наоборот. Две хромосомы с генами высокого качества были перенесены в сорт Диамант. Заменяв две гомологичные хромосомы, получают высокое хлебопекарное качество, сохранив высокое содержание клейковины. Эта технология открывает новые возможности в селекции, когда нужно подправить отдельные признаки, а не реконструировать весь организм, комбинируя в процессе гибридизации тысячи генов (В. К. Шумный, 2001).

Но в ряде случаев, когда исчерпана внутривидовая изменчивость, уже не удастся усилить до необходимого уровня селекционируемые признаки, прежде всего устойчивость к заболеваниям и вредителям, солеустойчивость, морозостойкость. Тогда приходится заимствовать необходимые гены у других видов, родов растений, в том числе и у диких сородичей. Однако для этого необходимо знать, существуют ли у этих видов искомые гены и в каких хромосомах они локализованы. Перенос генов, замещение соответствующих хромосом осуществляется через гибридизацию, иногда с использованием методов культивирования клеток, тканей, зародышей.

По другим признакам, таким, как солеустойчивость, содержание белка в зерне, уже необходимо прибегать к межродовым заме-

щениям хромосом у пшеницы, то есть заимствовать гены у более отдаленных сородичей. Например, проведена работа по пшенично-ржаному замещению. Одна из хромосом пшеницы *1A* замещалась на хромосому ржи *1R*, что позволило повысить у замещенной линии пшеницы солеустойчивость. Замещение *2A* хромосомы пшеницы на *2R* хромосому ржи привело к получению форм пшеницы с более высоким содержанием белка в зерне.

Следующий шаг в хромосомной инженерии растений – получение аллоплазматических линий, что означает сочетание ядра одного вида или рода растений с цитоплазмой другого. Речь идет уже о замещении не отдельных хромосом, а целых геномов. Используя явление элиминации у гибридов геномом одного вида (рода) растений генома другого, удалось создать ячменно-пшеничные формы, у которых присутствуют ядерный геном пшеницы, цитоплазма и элементы цитоплазматического генома ячменя. Эти аллоплазматические линии по своему фенотипу больше повторяют пшеницу, но у них проявлялись отдельные признаки ячменя, например, раннеспелость и устойчивость к ряду заболеваний. Естественно, что полученные формы уже используются в селекционных программах ряда стран. В то же время аллоплазматические линии представляют собой универсальную модель для изучения ядерно-плазменных взаимодействий, роли ядра и цитоплазмы в проявлении признаков.

Сегодня ясно, что эволюция генома от низших организмов до высших в значительной части шла путем сохранения блоков генов, определяющих основные метаболические процессы. В ходе эволюции блоки генов усложнялись регуляторными системами, уровнями активности, новыми функциями, уровнями взаимодействия генов между собой. Учитывая эти обстоятельства, в нашем институте несколько лет назад начали разрабатывать теорию генных сетей, положив в ее основу принцип: реализация каждого признака – результат действия не отдельных генов, а скоординированно работающих комплексов генов, функционально, иногда и структурно связанных между собой. Уже создано около 30 моделей таких генных сетей. Например, фрагмент генной сети по такому сложному признаку, как симбиотическая азотфиксация у бобовых растений. Геномы бак-

терии ризобиум и самого растения, взаимодействуя, образуют на корнях клубеньки-фабрики, где и происходит обмен между чартнерами-метаболитами, восстановление ферментом нитрогеназа N_2 до NH^{4+} и определяется дальнейший процесс фиксации азота. В этом процессе задействовано множество скоординированно работающих генов как в геноме бактерии, так и в геноме растения. Среди них есть ключевые и вспомогательные; между ними существуют сложные иерархические взаимоотношения.

Если в будущем необходимо будет кардинально реконструировать геномы методами трансгеноза и хромосомных замещений, то нужно стремиться к переносу не отдельных генов и хромосом, а блоков, скоординированно работающих на признак генов, – ключевых элементов генных сетей. Поэтому так важно накопление знаний о функциях известных генов, их локализации. Идеальный вариант – если бы гены, определяющие основные параметры признаков, были локализованы сцепленными блоками, что значительно облегчило бы их перенос (В. К. Шумный, 2001).

Генетическая инженерия – это создание новых форм организмов за счет пересадки генов из одной биологической системы в другую. В растениеводстве получают *трансгенные* растения, а в животноводстве – так называемых *гентавров*. В животноводстве пока что успехи более чем скромные. Не существует животных, которые несли бы чужие гены и в связи с этим имели несвойственные им признаки. Что касается растениеводства, то здесь успехи, можно сказать, огромные. Уже культивируются сотни трансгенных растений, имеющих несвойственные им особенности за счет функционирования в них чужеродных генов. Это различные сорта картофеля, устойчивого к колорадскому жуку, кукурузы, устойчивой к отдельным гербицидам, более продуктивной клубники и многое другое.

Клеточная инженерия – это методы работы с различными клетками с самыми разными целями, начиная от их культивирования и до создания клонов людей. Метод базируется на простом переносе соматического ядра в неоплодотворенную яйцеклетку, в которой собственное ядро инактивировано. В дальнейшем такая яйцеклетка пересаживается суррогатной матери, и все процессы

проходят естественным путем. Поскольку генотип ядра соматической клетки тотипотентный, развивается новый организм, полностью соответствующий по своим особенностям, свойствам и признакам тому, от которого взято соматическое ядро. Практически это его копия, но только моложе – на то время, которое прожил донор. Для животноводства этот метод сулит много полезного, поскольку позволяет копировать высокопродуктивных животных и иметь от них продуктивность как от доноров, чего нельзя достичь естественным методом размножения. Этому мешает комбинация и рекомбинация хромосом при образовании гамет. Мало того, этот метод позволяет размножать животных с полезными мутациями в соматических клетках, чего невозможно добиться никакими другими методами. Метод клонирования позволяет сохранить редкие популяции животных, занесенные ныне в Красную книгу (А. Г. Близнюченко).

Иногда понятия «ДНК-технология» и «*биотехнология*» отождествляются, хотя, несомненно, ДНК-технология более узкое понятие и представляет собой один из разделов науки биотехнологии. В основу методов ДНК-технологии заложена способность ферментов – рестриктаз – расщеплять ДНК на отдельные нуклеотидные последовательности, которые могут быть использованы для встраивания их в геномы бактериальных плазмид и фагов с целью получения гибридных или химерных форм, состоящих из собственной ДНК и дополнительных встроенных фрагментов несвойственной им ДНК. ДНК-технологии используются для клонирования генов, когда выделяют нужный отрезок ДНК из какого-либо биообъекта и затем получают любое его количество, выращивая колонии генетически идентичных клеток, содержащих заданный участок ДНК. Другими словами, клонирование ДНК – это получение ее генетически идентичных копий.

Таким образом, ДНК-технологии условно можно подразделить на *генную*, *геномную* и *хромосомную*. Сущность первой состоит в целенаправленном использовании механизмов, реализуемых в природе при перестройках генетического материала у микроорганизмов для генных модификаций любых других живых организмов. В качестве примера одного из таких природных событий можно вспомнить способность некоторых вирусов захватывать гены-клет-

ки хозяина, трансдукцию (перенос) клеточных генов от клеток-доноров в клетки-реципиенты с помощью фагов, сплайсинг (разрывы и сшивки самой молекулы ДНК) и др.

Многоклеточный организм высших животных и растений является продуктом онтогенетического развития, при котором из одной клетки (*зиготы*), образовавшейся в результате слияния двух половых клеток родителей (*гамет*), путем большого числа дроблений образуется вся совокупность высокодифференцированных клеток органов и тканей организма. Любая соматическая клетка или клетка зародышевого пути берет свое начало от двух объединившихся родительских клеток, она, как правило, заключает в себе всю (или большую часть) генетическую информацию родительских организмов. По мере специализации соматических клеток их генетический материал часто претерпевает необратимые перестройки (например, эритроциты большинства млекопитающих вообще лишены ядер). Но это только подчеркивает преемственность генетического материала в рядах клеточных поколений соматических клеток организмов. Почти все гены зиготы представлены в большинстве соматических клеток организма и принимают участие в формировании их признаков. Это и привело к мысли о возможности изменения признаков (фенотипа) многоклеточных организмов путем введения новых рекомбинантных генов в зиготы (оплодотворенные яйцеклетки), еще не претерпевших дробления в раннем эмбриональном развитии. В случае объединения с геномом зиготы новые гены должны распространиться в ряду клеточных поколений соматических клеток и работать (экспрессироваться, проявляться) в большинстве этих клеток. Поскольку, с известными ограничениями, весь многоклеточный организм можно рассматривать как клон соматических клеток, произошедших от единственной клетки, распространение рекомбинантных генов, введенных в зиготу, в соматических клетках организма допустимо рассматривать как разновидность молекулярного клонирования последовательностей ДНК.

Сущность геномной ДНК-технологии заключается в целенаправленной перестройке генома прокариот (безъядерных организмов) или эукариот (имеющих ядра), вплоть до создания новых

видов. Причем по своей сути такие перестройки аналогичны происходящим в природе, например, при возникновении гексаплоидных пшениц, объединяющих три разных генома. Или при возникновении самих эукариот путем актов симбиоза между двумя прокариотами, приведшими к появлению ядерных клеток, а затем и при присоединении к ним митохондрий – третьего прокариотического организма. При геномной ДНК-технологии добиваются внесения большого количества дополнительной генетической информации и в результате получают гибридный организм, отличающийся от исходного по многим признакам. Гибриды оказываются жизнеспособными лишь в тех случаях, когда они содержат все безусловно необходимые гены, когда у них взаимно согласованы регуляторные связи между совмещенными генами, и наконец, когда имеется структурное соответствие между продуктами матричного синтеза (белками).

Методология прикладного использования ДНК-технологий

«Первый удачный опыт – подарок дьявола, только потом обычно начинается настоящая работа, дающая зрелые плоды».

Эрвин Чаргафф

Свыкшись с материальностью генов, человек, естественно, тут же захотел заняться генной хирургией. Вначале, до открытия *рестриктаз и лигаз*, затея казалась безнадежной. Конечно, порвать молекулу, такую длинную, ничего не стоит. Однако нужны не случайные разрывы: требовались конкретные места – удалить одни гены и на их места вставить другие. Обсуждались разные проекты. Свои «инструменты» предлагали и физики, и химики. Идей и попыток было немало, но результаты не вдохновляли, ибо требовались такие хирургические ножи, которые позволяли бы разрезать молекулу ДНК с точностью до миллиардных долей метра. С атомными «допусками». Барьер казался непреодолимым. Наступление века генной инженерии отодвигалось на неопределенный срок. И вот в момент полного уныния на помощь ученым поспешила сама природа. Она предложила и «скальпели» – ферменты рестриктазы,

и «иглы с ниткой» – ферменты лигазы. Ведь мало было работать с молекулой ДНК с высокой точностью, нужно было еще научиться скреплять генные фрагменты, чтобы получать любые варианты генных конструкций. Генно-инженерная операция начинается с выделения из клеток, точнее, из ядер, молекул ДНК. Сначала к суспензии (раствору) клеток добавляют ПАВ – поверхностно-активные вещества. Они разрушают мембраны – стенки клеток и клеточных ядер. На ваших глазах мутноватая жидкость, налитая в стакан или колбу, превращается в прозрачный вязкий клей, почти студень. Это длиннейшие нитевидные молекулы ДНК выходят в раствор из лопнувших ядер. Осажденные затем спиртом ДНК выпадают рыхлыми беловатыми волокнами, которые можно вынуть из стакана, наматывая их на стеклянную палочку.

Достаточное для работы количество ДНК получено. Как же выловить из этого хаоса, из случайно перемешанных обрезков нужный нам ген и вполне определенную осмысленную последовательность ДНК? Примерно такого рода задача стояла перед учеными, и они с ней справились. Важен итог – то, что теперь исследователи умеют выделить любой нужный им ген. С помощью рестриктаз и лигаз первые перестроенные (химерные) молекулы ДНК (их еще называют рекомбинантными) были получены. Но проявить свои необычные свойства наследственности такие молекулы могут, только находясь в каком-то живом организме. Начался поиск существ, способных приютить рекомбинантные ДНК, способных дать им возможность нормально удваивать свое число. Конечно, кров для рекомбинантных молекул следовало выбирать попроще. Наиболее простые – бактерии, одноклеточные создания, управлять которыми наиболее легко.

Использование рекомбинантных (перестроенных) ДНК различного происхождения составляет основу ДНК-технологий. Теоретически все 30-40 тысяч структурных генов человека и животных доступны теперь экспериментальному анализу. Поэтому желательна идентификация всех генов; установление карты тканеспецифичности их экспрессии; идентификация регуляторных областей генов; построение глобальной регуляторной карты генома; классификации

генов по структурным и биохимическим функциям их продуктов; идентификация всех потенциальных белков и доменов; анализ распределения полиморфизма и мутаций; определение эволюционных и популяционных взаимосвязей; создание коллекции генетического материала и т. д.

Устойчивость нити ДНК в составе хромосом регулируется целой системой ферментов, контролирующих три матричные процесса – репликацию, транскрипцию и трансляцию, и три собственно генетические процесса – репарацию, рекомбинацию и сегрегацию нитей ДНК и хромосом. Белковые продукты «генов метаболизма ДНК» образуют комплексы, которые следят за устойчивостью нитей ДНК, надежностью их репликации и рекомбинации, корректируют однонитевые и двунитевые повреждения. Степень активности этих комплексов весьма чувствительна к физиологическому статусу клетки. Ю. Я. Керкис (1940) впервые показал, что спонтанные наследственные изменения возникают за счет нарушения внутриклеточного метаболизма и физиологического гомеостаза. Именно эти причины в первую очередь индуцируют изменения факультативных элементов, которые затем опосредованно, по принципу усиления, вызывают мутации. Вариации возникают под действием самых обычных немутационных факторов. Устойчивость ДНК и темп мутаций могут в случае клеточного стресса меняться в десятки и сотни раз.

Партнер в гомологичном локусе хромосомы способен изменять характер активности гена-гомолога, вызывая его химическую модификацию (степень метилирования оснований ДНК) или характер его экспрессии в ряду клеточных поколений. Сюда относятся феномены парамутаций, разнообразные так называемые гомолог-зависимые эффекты, а также генный и хромосомный импринтинг. Гены эукариот способны хранить память о своем прошлом, в частности о том, пришли они в зиготу из сперматозоида или из яйцеклетки (импринтинг). Характер упаковки нуклеопротеидных комплексов в составе хромосом также влияет на работу генов вплоть до полного их глушения (*gene silencing*). Учитывая эпигенетическую модуляцию в проявлении и выражении любого наследственного признака, трудно сразу сказать, связан ли данный фенотип со структурными

изменениями в тексте ДНК или с изменениями состояния генов, степенью их активности на уровнях транскрипции или трансляции. Регуляция состояний генетических локусов образует сферу динамической или эпигенетической наследственности.

Кроме понимания фундаментальных молекулярных процессов, лежащих в основе жизни, определение нуклеотидной последовательности геномов имеет и практическое применение. Например, определение того, какие именно метаболические пути и шунты имеются у патогенных бактерий, может помочь в выборе антибиотика для целевого воздействия именно на данного возбудителя, не затрагивающего нормальную микрофлору. Выявление новых метаболических путей может помочь созданию новых антибиотиков.

В результате таких исследований можно ожидать развития новой медицины и ее новых подразделов, таких как генная терапия; фармакогеномика; лекарства нового поколения – эндогенные биорегуляторы, ДНК-вакцины. Будут развиваться новые методы диагностики предрасположенности к болезням, новые технологии экспресс-диагностики вновь появляющихся инфекций, а также использование новых технологий для развития производства пищевых продуктов, контроля и улучшения экологических ситуаций. Эти исследования будут способствовать развитию новых подходов и в сельском хозяйстве – к диагностике болезней, идентификации генетических особенностей пород животных и сортов растений, важных для увеличения эффективности селекции, для получения организмов с новыми и улучшенными свойствами на основе направленного изменения геномов. Используя самые последние достижения фундаментальных биологических наук, в том числе и ДНК-технологий, можно добиваться увеличения эффективности разведения животных. Хозяйственно важные характеристики животных, такие, как удойность, состав молока, качество туш и мяса, плодовитость, сопротивляемость или чувствительность к инфекциям, в большинстве своем являются полигенными признаками, результатом взаимодействия многих генов.

В результате развития ДНК-технологий сформировалось новое направление – MAS-селекция (*marker assistant selection*, селекция с

помощью маркеров). Это направление основано на выявлении главных генов количественных, хозяйственно ценных признаков (главные гены количественных признаков – *QTL – Quantitative Trait Loci*). Контроль наследования их вариантов позволяет вести селекцию на качественно новом уровне: в меньшей зависимости от факторов окружающей среды. Введение в широких масштабах искусственного оплодотворения скота создало условия для передачи хозяйственно ценных генов, в частности, обуславливающих высокую молочную продуктивность. Технология суперовуляции и трансплантации эмбрионов (*МОЕТ – multiple ovulation and embryo transfer*) резко увеличивает возможности получения многочисленного потомства от животного с выдающимися характеристиками продуктивности и соответственно получение животных с определенными, полезными для селекции генами. Однако сама эта технология не решает проблем поиска таких генов. Идентификация генов, которые определяют то или иное развитие количественных признаков, а также их мутаций, поиск молекулярно-генетических маркеров, тесно сцепленных с ними, является в настоящее время предметом интенсивных исследований с использованием ДНК-технологий.

К настоящему времени в области ДНК-технологий и биоинформатики создана хорошая стартовая площадка для успешного развития дальнейших исследований. Выявлены функции многих простых и сложных биомолекул; при этом главными достижениями являются установление информационной роли ДНК и расшифровка механизма передачи информации от ДНК к белку. Выделены главные органеллы клеток животных и растений, установлены их основные функции. Получены в высокоочищенном виде многие ферменты, охарактеризованы механизмы регуляции их активности. Изучены формы запасаения и использования энергии. Достигнуты существенные успехи в изучении структуры и функции мембран. Выяснено действие главных гормонов. Установлены биохимические нарушения, лежащие в основе ряда заболеваний.

ДНК-технологии позволяют исследовать и направленно изменять материал наследственности на разных уровнях его организации – геномном, хромосомном, геномном, популяционно-генетичес-

ком. Именно благодаря развитию ДНК-технологий становится все более очевидным определенное единообразие стабильности и изменчивости материала наследственности как на уровне отдельной нуклеотидной последовательности, так и в совокупности организмов, образующих общий генофонд. Исследователи не придумывают по сути ничего нового – они обучаются использованию приемов, многократно реализованных в процессе эволюции живых организмов и лежащих в основе «трех китов» филогенеза – изменчивости, наследственности и отбора. Таким образом, конец XX – начало XXI века является действительно переломным моментом всего развития биосферы – переходом к активному вмешательству человека в совокупность материала наследственности биосферы, созданию новых вариантов с использованием приемов, стихийно наработанных в процессе эволюции за миллионы лет до появления человека.

В связи с очевидной практической значимостью этого направления на Западе образован целый ряд коммерческих фирм, задачей которых является использование методов ДНК-технологий для создания новых форм животных и растений, несущих полезные признаки. Многомиллиардные финансовые вливания этим фирмам привели, уже в настоящее время, к революционным изменениям в целом ряде традиционных теоретических и прикладных направлениях биологии, медицины и сельского хозяйства. По-видимому, в современной биологии, во всем диапазоне ее областей – от физиологии клетки до механизмов высшей нервной деятельности, не осталось ни одной, в которой бы не нашли своего применения ДНК-технологии. Фактически созданы предпосылки для качественных перемен не только в прикладной биологии и сельском хозяйстве, но и в жизни человечества.

Разработка ДНК-технологий во многом определила справедливость прогноза о том, что в XXI столетии решающую роль в развитии и существовании мирового сообщества будет играть биология. Ее достижения, наряду с биоинформатикой, позволят вплотную подойти к формированию ноосферы, обеспечивающей удовлетворение возрастающих потребностей человечества при сохранении окружающей среды.

Новый взгляд на эволюцию. «Генетическая инженерия» в природных экосистемах

Следует подчеркнуть принципиально важное обстоятельство: *одно из важных положений современной генетики состоит в открытии способности наследственной системы к «естественной генетической инженерии».* В клетке существует режим генетического поиска и реорганизации структуры и функции генома.

Термин «вирус» этимологически означает «яд». Вплоть до 60-х годов XX в. вирусы преимущественно рассматривались как болезнетворное начало. Но изучение вирусов бактерий (бактериофагов) и многоклеточных организмов, открытие большого сходства мобильных элементов с вирусами, а затем повсеместное распространение вирусных последовательностей в геноме каждого изученного вида млекопитающих изменило представление о вирусах.

Представление о повсеместности вирусов в биосфере, высказанное в середине 70-х годов (Жданов, Тихоненко, 1975), в настоящее время полностью подтверждено. Микроорганизмы вездесущи. Может быть, именно поэтому их можно обнаружить при любом заболевании (у здоровых их, как правило, не ищут). У человека только в клетках кишечника число обнаруженных в норме и при патологии вирусов больше 120. К 70-м годам стала ясна суть респираторных – «простудных» – заболеваний, переносимых большинством горожан, являющихся отражением эпидемических вспышек размножения вирусов.

Целенаправленное изучение путей распространения вирусов в природе привело в начале 80-х годов XX в. к получению новой информации. Например, такие вирусы, как вирус полиомиелита, которые из-за своего видимого патогенного эффекта считались исключительно нейротропными, оказались обнаруженными в сточных водах и, стало быть, входят в группу энтеровирусов. Сточные воды оказались источником вспышки одной из форм вирусного гепатита, детского гастроэнтерита.

Пути распространения вирусов в биоценозах, и соответственно пути горизонтального межвидового переноса, паразительны. До-

статочно сказать, что РНК-содержащий вирус гриппа переносится водоплавающими перелетными птицами, но обнаружен и у китов, и у планктонных организмов (Жданов, 1990). Исследования С. М. Гершензона и его последователей (Гершензон, Александров, Малюта, 1975) показали, что РНК вируса гриппа вызывает летальные мутации у дрозофилы сразу в нескольких локусах хромосомы 2, причем летали именно в этих локусах чаще других распространены в природных популяциях дрозофил.

В эволюционном аспекте вирусы в природе являются самым мощным селективным фактором и самым мощным генератором наследственного полиморфизма, возникающего в результате популяционно-генетических взаимодействий типа паразит – хозяин. Другой важный фактор в эволюции – бактерии. Миллиарды лет бактерии были единственными обитателями биосферы. Ни человека, ни животных, ни высших растений не было на Земле, а бактерии уже были. Да они и сейчас настоящие «хозяева планеты». Бактерии – истинные космополиты: они завоевали толщи почв и все водные бассейны, они поселились и в нас самих. Они буквально вездесущи. Они создавали и создают месторождения полезных ископаемых, они же превращают останки живых существ в материал для новой жизни, помогают нам переваривать пищу и готовить ее. Еще они способны и убивать нас, заразив болезнями. Биомасса этих мелких существ на много порядков превышает биомассу всех земных млекопитающих вместе с человеком. Мы обитаем на берегу своеобразного **океана**, населенного этими мельчайшими существами. А что если новые, созданные биотехнологами, штаммы химерных бактерий начнут поглощать атмосферный кислород? Или вмешиваться в работу азотфиксирующих бактерий, помогающих связывать атмосферный азот? Ведь при этом может быть нарушен извечно налаженный земной Цикл Азота, механизм биосферы разладится. И тогда произойдет планетная катастрофа.

Горизонтальный перенос генов от одного организма в другой являлся существенным механизмом эволюции, в основном, у бактерий. Этот факт стал очевидным в последние несколько десятилетий.

Джошуа Ледерберг в 1952 г. ввел понятие «*плазмида*». Он обнаружил в кишечной палочке, кроме основной спиралевидной, вытянутой во весь свой немалый рост ДНК, еще и маленькие, свернутые в кольцо ДНК. О плаزمидах заговорили медики, когда в 1959 г. было доказано, что неэффективность многих антибиотиков обусловлена этими созданиями природы, они имеют особые гены устойчивости к антибиотикам. ДНК плазмиды легко переходят от бактерии к бактерии, делая их невосприимчивыми к лекарствам. К примеру, вырабатываемый плазмидами фермент пенициллаза разрушает пенициллин, спасая бактерии от гибели. Что, конечно же, осложняет лечение больных.

Детальные наблюдения характера возникновения опосредованной плазмидами устойчивости сделаны в Японии и Англии. В 1945 г. в Японии для борьбы с дифтерией стали применять сульфаниламид. Он был высокоэффективен только первые 5 лет. Вскоре появились устойчивые штаммы дифтерийной палочки, а уже некоторое время спустя 80 – 90% изолятов были устойчивыми. Затем сульфаниламид заменили антибиотиками. Но уже в 1952 г. от больного дифтерией был выделен штамм дифтерийной палочки, одновременно устойчивый к тетрациклину, стрептомицину и сульфаниламиду. А в 1964 г. половина всех бактериальных штаммов, выделенных из больных дизентерией, несла гены устойчивости одновременно к четырем антибиотикам. Эти гены устойчивости были собраны в одной плазмиде, способной распространяться среди бактерий горизонтально.

Гены плазмид, в свою очередь, могут перекочевывать на хромосомы клеток-реципиентов. Считают, что таким путем в кишечную палочку попали гены, кодирующие ферменты инактивации антибиотиков. Откуда взялись первые гены устойчивости к антибиотикам? Возможно, эти гены впервые появились у почвенных бактерий, живущих рядом с грибами – продуцентами антибиотиков. В почвенных бактериях в геноме плазмид находятся детерминанты устойчивости к тяжелым металлам. Из природных резерватов плазмиды с транспозонами, несущие гены устойчивости, попадают к бактериям животных и человека и с их помощью распространяются по всему миру.

То, что затрудняло работу медиков, пригодилось генным инженерам. А им нужны были переносчики реконструированных молекул ДНК в живые объекты. Правда, вначале на эту роль прочили вирусы-бактериофаги. Но, проникнув в клетку, вирус ведет себя, как опасный хищник. Он переключает ресурсы клетки на удовлетворение своих нужд и примерно через полчаса губит ее. Клетка разрушается, и из нее вместо одного фага выпархивает сотня ему подобных, готовых творить новую агрессию.

Иначе поступает плаزمид. Это создание ограничивает свой аппетит, оно, в отличие от вируса, не убивает клетку-хозяйку. Плазмид и принявшая ее клетка осуществляют симбиоз, их добровольный союз взаимовыгоден. Плазмид защищает бактерию от ее врагов, скажем, от пеницилина. Клетка же предоставляет плазмиде кров, ресурсы для питания, размножения. Все эти доставившие медикам так много хлопот особенности сожительства бактерий и плазмид (особенно способность плазмид переходить «из рук в руки», от одной клетки к другой) оказались истинным благом для генной инженерии.

Плазмидами Д. Ледерберг предложил обозначать все внеядерные генетические элементы, способные к автономной репликации. Сюда входят «каппа-частицы» у парамеций, экзогенные вирусы и т. д. Взгляд на плазмиды как на симбионты и альтернативный взгляд на них как на составную часть генотипа, согласно Д. Ледербергу, зависит от того, насколько широко исследователь трактует границы генотипа и наследственной системы организма.

Именно особенности жизненных циклов вирусов, плазмид и бактерий привело в дальнейшем к созданию так называемых «векторов» – искусственно реконструированных молекул материала наследственности, которые могут переносить чужеродный материал от одного организма к другому.

Все наши традиционные продукты питания представляют собой результат естественных мутаций и генетической трансформации. Эти процессы – движущие силы эволюции.

Пшеница, которой принадлежит столь значительная роль в нашем современном рационе, приобрела свои нынешние качества в

результате необычных (но вполне естественных) скрещиваний между различными видами трав. Сегодняшний пшеничный хлеб – результат гибридизации трех различных растительных геномов, каждый из которых содержит набор из семи хромосом. В этом смысле пшеничный хлеб следовало бы отнести к трансгенным, или генетически модифицированным (ГМ), продуктам. Еще один результат трансгенной гибридизации – современная кукуруза, появившаяся, скорее всего, благодаря скрещиванию видов *Teosinte* и *Tripsacum*. Другой пример генной инженерии в природе, полиплоидизации – это тетраплоидная слива.

Чтобы понять, как далеко зашли эти эволюционные изменения, достаточно взглянуть на кукурузные початки (их возраст – 5 тыс. лет), найденные при раскопках в пещере Теуакан (Мексика). Они примерно в 10 раз меньше, чем у современных сортов. И это реальный пример работы генетиков и селекционеров.

Г. Д. Карпеченко (1927) впервые синтезировал новую неизвестную в природе видовую форму *Raphanobrassica* (рафанобрассика), константный полиплоидный межродовой гибрид между редькой и капустой. Совершенно справедливо Н. Н. Воронцов (1999) называет синтез рафанобрассики первым случаем конструирования нового генома, того, что в конце 70-х стало называться генетической инженерией.

Через три года шведский генетик Арне Мюнтцинг впервые осуществил ресинтез дикорастущего в природе аллополиплоидного вида багульника. Природная хромосомная инженерия создает гибридогенные полиплоидные комплексы видов, открытые и изученные американским ботаником Ледьярдом Стеббинсом. В этих комплексах геномы нескольких диплоидных исходных видов могут вступать между собой во всевозможные гибридные аллотетраплоидные комбинации. Объединяться могут сразу несколько геномов, так что предком одного вида может не один, а несколько видов, как, например, у обычной мягкой пшеницы, у видов хлопчатника.

Гибридогенное видообразование встречается и у позвоночных, и у беспозвоночных животных. Но животные размножаются половым путем, который у межвидовых гибридов затруднен или

даже невозможен. Поэтому межвидовые гибриды животных размножаются необычными способами, которые мы могли бы назвать репродуктивными технологиями. К ним относятся: *партеногенез* (спермии не нужны для развития яйцеклеток видов-гибридов); *гиногенез* (спермии нужны лишь для активации развития, но развитие происходит на основе женских гамет и наследование матроклинно); и собственно *гибридогенез*, когда гибридный вид образуется на основе гибридных оплодотворенных яйцеклеток, но один из родительских геномов избирательно устраняется.

Реакция клеточного генома на вызов среды двухэтапна. На относительно слабые (немутационные) воздействия среды реагирует сначала подсистема факультативных элементов, в которой возникают вариации, в их числе и топографии. Эти изменения пограничны между наследственными и ненаследственными и обратимы. И лишь при постоянном воздействии изменения затрагивают гены и генные комплексы. Многие транспозоны эукариот организованы как эпигены и имеют динамические механизмы авторегуляции их числа и активности. В рамках вариационной и эпигенетической изменчивости возможно наследование признаков, модифицированных у особей в ходе онтогенеза. Одним из эволюционных механизмов является наращивание ДНК и увеличение доли факультативных элементов в геноме. Это создает основу для эволюционного потенциала, которым обладают виды с большим геномом, и последующего «сброса» ДНК. Перераспределения в составе и топографии облигатных и факультативных элементов изменяют характер генной регуляции и представляют собой один из механизмов процесса макроэволюции.

Благодаря перемещающимся элементам, генофонды всех организмов потенциально составляют общий генофонд всего живого. Реализация этой потенции, т. е. передача генов между разными таксонами, детально документирована. У млекопитающих и птиц практически идентичные провирусные последовательности появились уже после эволюционного обособления соответствующих видов. Этот поток генов между далекими организмами является реальностью. Вопрос заключается только в том, насколько часто организмы присваивали чужеродные гены в качестве «благоприобретенных собственных функциональных генов».

Возможно около 20 способов проникновения и межвидовой миграции генетических элементов, в их числе трансформация, трансдукция, транспозоны, плазмиды, вирусы, неполовой обмен хромосомами и образование симбиотических ассоциаций. Информационная емкость переноса информации, выраженная в генах, варьирует от единиц до сотен и тысяч в случае плазмид и симбионтов.

Под влиянием действия стресса резко увеличиваются частоты горизонтального обмена материалом наследственности между бактериями, у растений – частоты перекрестного опыления у самоопылителей. В последние годы в различных моделях стресса наблюдают увеличение частот рекомбинационных событий, транспозиций, различных мутационных событий. Отчетливые данные о связи дестабилизации генетического материала с действием стрессирующих факторов были получены Б. МакКлинтон, которые впоследствии привели к развитию представлений о системах «природной генетической инженерии» (Shapiro, 1992, 1995).

Проблема голода и генные технологии – есть ли альтернатива?

Большой вклад в понимание опасности голода внесла работа международной неправительственной организации, так называемого «Римского клуба», созданного в 60-е годы XX в. по инициативе Аурелио Печчеи. В Римском клубе был разработан ряд последовательно уточнявшихся моделей, исследование которых на ЭВМ позволило рассмотреть некоторые сценарии возможного развития будущего Земли и судьбы человечества на ней. Результаты этих работ встревожили весь мир. Стало ясно, что путь развития цивилизации, ориентированный на постоянное увеличение производства и потребления, ведет в тупик, поскольку не согласуется с ограниченностью ресурсов на планете и возможностями биосферы перерабатывать и обезвреживать отходы промышленности. Эта угроза биосфере Земли вследствие нарушения устойчивости экосистем получила название экологического кризиса. С тех пор и в научной литературе, и в широкой печати, в средствах массовой информации постоянно обсуждаются различные проблемы, связанные с угрозой всепланетного, глобального экологического кризиса.

Хотя после выхода работ Римского клуба многие оптимисты выступали с «опровержениями» и «разоблачениями», не говоря уж о научной критике предсказаний первых глобальных моделей, и в самом деле не вполне совершенных, как и любая модель сложной действительности, уже через 20 лет можно было констатировать, что реальный уровень численности населения Земли, отставание производства продовольствия от роста потребности в нем, уровень загрязнения природной среды, рост заболеваемости и многие другие показатели оказались близки к тем, что прогнозировалось этими моделями. А поскольку именно экология оказалась наукой, имеющей методологию и опыт анализа сложных природных систем, включая влияние антропогенного фактора, прогнозировавшийся глобальными моделями кризис стали называть «экологическим» (Розанов, 2001).

Хотя площадь суши вдвое меньше, чем площадь, занимаемая океанами, ее экосистемы имеют годовую первичную продукцию углерода, более чем вдвое превышающую таковую Мирового Океана (52,8 и 24,8 млрд тонн соответственно) при относительной продуктивности наземных экосистем, в 7 раз превышающей продуктивность экосистем океана. Из этого, в частности, следует: надежды на то, что полное освоение биологических ресурсов океана позволит человечеству решить продовольственную проблему, не очень обоснованны. По-видимому, возможности в этой области невелики – уже сейчас уровень эксплуатации многих популяций рыб, китообразных, ластоногих близок к критическому, для многих промысловых беспозвоночных (моллюсков, ракообразных и других) в связи со значительным падением их численности в природных популяциях стало экономически выгодным разведение их на специализированных морских фермах, развитие марикультуры. Примерно таково же и положение со съедобными водорослями, такими как ламинария (морская капуста) и фукус, а также водорослями, используемыми в промышленности для получения агар-агара и многих других ценнейших веществ (Розанов, 2001).

Мир как был несовершенен, так и остался. Первая Всемирная продовольственная конференция состоялась в 1974 г. На ней было

подсчитано, что в мире существовало 840 млн жертв хронического недоедания. Вопреки сопротивлению многих она провозгласила «неотъемлемое право человека на свободу от голода». Итоги реализации этого права были подведены на Всемирном продовольственном форуме в Риме 22 года спустя. Он зафиксировал крах надежд мирового сообщества на обуздание голода, так как положение на фронте борьбы с этим социальным злом осталось без перемен. В связи с этим римская встреча наметила более скромные цели – снизить количество голодающих к 2015 г. хотя бы вдвое – до 400 млн человек.

С тех пор эта проблема еще больше обострилась. Как отмечалось в докладе Генсека ООН Кофи А. Анана «Предотвращение войн и бедствий», сегодня прожиточный уровень свыше 1,5 млрд чел. – менее доллара в день, 830 млн страдают от голода. Перспективы решения этой проблемы не внушают надежд. К 2015 г. около 2 млрд человек будут жить в бедности. Растениеводы давно пытались решить эту проблему, издавна занимаясь выведением новых, высокопродуктивных сортов традиционными путями при помощи скрещивания и отбора, то есть путями естественными, главные недостатки которых – ненадежность и малая вероятность получения селекционером того, что он запланировал. Кроме того, часто жизни не хватает для создания нового сорта, т. е. слишком велики затраты времени.

Делом этим занималась и сама природа. За тысячелетия с помощью естественного отбора она добилась немало. Так, в частности, полагают, что вследствие генных мутаций живых существ и природной генной инженерии она поставила на стол человеку массу новых продуктов, начиная от мягкой пшеницы (слияние трех геномов) и кончая кукурузой. Но как нормальному селекционеру спрессовать миллионы лет того, что делала природа, в годы и даже месяцы? Как максимально сократить сроки? Способны ли справиться со всем этим генетика и селекция? Вклад генетики в достигнутое только за последнюю четверть века увеличение урожайности составляет более 50 процентов. Однако для того чтобы накормить мир, даже такие цифры сегодня малы. Селекционное конструирование нового сорта – многотрудный научный процесс, требует от селекционеров

чудовищного упорства, десятков лет труда, а успех к ним чаще всего приходит только на склоне лет. Сколько селекционеров так и не дожили до времени, когда их усилия стали приносить плоды, а многие вообще остались без сортов! А проблема голода на повестке дня многих стран. Время не ждет, речь идет о миллионах живых людей, им требуется помощь.

Возьмем пшеницу. Вот только перечень требований к новому сорту по классическому подсчету Николая Ивановича Вавилова. В число признаков, которым должен соответствовать новый сорт, входит сорок шесть пунктов. Перечислим некоторые из них: форма зерна; высокий вес 1000 семян; крупный, при созревании не осыпавшийся колос; не прорастающее на корню и в снопах зерно; прочная, неполегающая соломина; оптимальное соотношение массы зерна и соломины; иммунитет к вредителям, болезням; устойчивость к засухам; пригодность к механизированной уборке и т. д. и т. п. И это по меркам прошедших десятилетий. Ныне же количество требований выросло еще больше.

Как добиться желаемого? Какими способами изменить структуру молекул ДНК, произвести в ней «поправки», словом, как добиться нужных направленных изменений – мутаций? К сожалению, эти «мутации» плохо предсказуемы. Трудно предвидеть, какие гены будут изменены, в каком отношении они будут модифицированы. Остается уповать только на удачу, на то, что повезет найти и отобрать нужные варианты – очень редкие, интересующие селекционера экземпляры. Вот куда уходит жизнь селекционера. Вот почему потребовалось создание ДНК-технологии со своими методами, подсмотренными у природы, – для ускорения селекции и создания модифицированных организмов.

Генетически модифицированные организмы (ГМО) – это те, генетический аппарат которых изменен для улучшения их свойств. Противники ГМО называют их «пищей Франкенштейна», «новым Чернобылем замедленного действия». А сторонники скромно напоминают, что уже через четверть века без ГМО просто невозможно будет обеспечить непрерывно растущее человечество пищей и лекарствами. Тем более что лекарства, витамины, антибиотики – они

все более 60 лет являются генно-инженерными разработками. Значит их тоже нужно запрещать? Чем лекарства в этом отношении отличаются от растений, непонятно. И те, и другие служат для продления человеческой жизни, и главное, не только количественно, но и качественно. Но главный аргумент «за» – генетически измененная сельскохозяйственная продукция, прежде чем попасть на поля, проходит массу жестчайших, тщательнейших испытаний.

Проблема производства и потребления генетически модифицированных растительных продуктов становится все более острой. Сторонники широкого употребления в пищу подобного рода изделий говорят, что они совершенно безопасны для человеческого организма, а преимущества их огромны – большие урожаи, повышенная устойчивость к переменам погоды и вредителям, лучшая сохранность.

Одна из основных тенденций развития человеческого общества – непрерывное повышение уровня производства, в конечном счете – производительности труда. Это позволяло человеку в течение всей его истории постепенно увеличивать «емкость среды обитания». Однако если в этой стороне дела проявляется вся мощь человеческого разума, то в заполнении увеличивающейся емкости среды Homo sapiens ведет себя как любой другой биологический вид. Эту емкость вид заполняет до уровня, на котором регуляторами снова оказываются биологические факторы. Так, по оценкам ООН на 1985 год, смерть от голода угрожала почти 500 млн человек, или примерно 10% населения мира; в 1995 г. периодически или постоянно от голода страдали около 25% людей.

«Зеленая революция»

Предшественницей биотехнологической революции, основанной на генно-хромосомных манипуляциях у растений, была **зеленая революция**. Она завершилась 30 лет назад и принесла впечатляющие результаты: почти вдвое повысилась продуктивность злаковых и бобовых растений.

Выражение «**зеленая революция**» употребил впервые в 1968 г. директор Агентства США по международному развитию В. Гауд,

пытаясь охарактеризовать прорыв, достигнутый в производстве продовольствия на планете за счет широкого распространения новых высокопродуктивных и низкорослых сортов пшеницы и риса в странах Азии, страдавших от нехватки продовольствия. Многие журналисты тогда стремились описать «зеленую революцию» как массовый перенос передовых технологий, разработанных в наиболее развитых и получавших стабильно высокие урожаи агросистемах, на поля крестьян в странах «третьего мира». Она ознаменовала собой начало новой эры развития сельского хозяйства на планете, эры, в которую сельскохозяйственная наука смогла предложить ряд усовершенствованных технологий в соответствии со специфическими условиями, характерными для фермерских хозяйств в развивающихся странах.

Это было достигнуто благодаря переносу в создаваемые сорта целевых генов, чтобы увеличить прочность стебля путем его укорочения, добиться нейтральности к световому периоду для расширения ареала возделывания и эффективной утилизации минеральных веществ, особенно азотных удобрений. Перенос избранных генов, хотя и в пределах видов, с использованием традиционных методов гибридизации можно рассматривать как прообраз трансгеноза.

Идеолог «зеленой революции» Норман Борлауг, получивший за ее результаты в 1970 г. Нобелевскую премию, предупреждал, что повышение урожайности традиционными методами может обеспечить продовольствием 6 – 7 млрд человек. Сохранение демографического роста требует новых технологий в создании высокопродуктивных сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов. В обращении к форуму по геной инженерии, проходившему в марте 2000 г. в Бангкоке (Таиланд), Борлауг заявил, что «либо уже разработаны, либо мы находимся на завершающих стадиях разработки технологий, которые позволят прокормить население численностью более 10 млрд человек».

Сопоставление «зеленой революции» с происходящей ныне биотехнологической проведено для того, чтобы показать ту социально значимую компоненту, которая лежит в основе всех генно-хромосомных манипуляций. Речь идет о том, как обеспечить население

Земли продовольствием, создать более эффективную медицину, оптимальные экологические условия.

Современные сорта позволяют повысить среднюю урожайность за счет более эффективных способов выращивания растений и ухода за ними, за счет их большей устойчивости к насекомым-вредителям и основным болезням. Однако они лишь тогда позволяют получить заметно больший урожай, когда им обеспечен надлежащий уход, выполнение агротехнических приемов в соответствии с календарем и стадией развития растений (внесение удобрений, полив, контроль влажности почвы и борьба с насекомыми-вредителями). Все эти процедуры остаются абсолютно необходимыми и для полученных в последние годы трансгенных сортов. Более того, радикальные изменения в уходе за растениями, повышение культуры растениеводства становятся просто необходимыми, если фермеры приступают к возделыванию современных высокоурожайных сортов. Скажем, внесение удобрений и регулярный полив, столь необходимые для получения высоких урожаев, одновременно создают благоприятные условия для развития сорняков, насекомых-вредителей и развития ряда распространенных заболеваний растений. Так что дополнительные меры по борьбе с сорняками, вредителями и болезнями неизбежны при внедрении новых сортов.

В общем, мировому сообществу и без генетически модифицированных организмов удалось добиться сдвигов в борьбе с голодом. В 1950 – 1990 гг. производство зерновых, говядины и баранины выросло почти в три раза (соответственно с 631 до 1780 млн т и с 24 до 62 млн т), производство рыбопродуктов – почти в 4,5 раза (с 19 до 85 млн т). Несмотря на более чем двукратный рост обитателей Земли за тот же период, это позволило повысить в период 1961 – 1994 гг. мировое производство продовольствия на душу населения на 20% и несколько поднять уровень питания в развивающихся странах.

Тем не менее, «зеленая революция» не внесла особых изменений в количественные и качественные параметры питания в бедных странах. Душевое потребление зерновых в прямом и косвенном виде колеблется в современном мире от 200 до 900 кг в год. В отличие от населения развитых стран, которое потребляет урожай зерновых

главным образом в виде мяса, молока и яиц, народы третьего мира довольствуются скудной диетой. В 1995 г. среднестатистический американец съедал 45 кг говядины, 31 кг свинины, 46 кг домашней птицы и 288 л молока, а в годовой рацион среднего жителя Индии входил лишь 1 кг говядины, 0,4 кг свинины, 1 кг домашней птицы и 34 л молока.

Случилось так, что спасительные намерения, когда они подчиняются ложной рациональности (рациональные решения выносились экспертами, убежденными, что они работают во имя разума и прогресса, и не принимавшими в расчет протесты местного населения, считая их необоснованными суевериями), приводят в итоге к пагубным результатам, которые уравнивают и даже превосходят по своим последствиям их благотворные результаты. Так, «зеленая революция», осуществленная в целях стимулирования развития стран третьего мира, в значительной степени приумножила их продовольственные ресурсы и во многом позволила избежать неурожая; но тем не менее надо было пересмотреть стартовую идею, вероятно, рациональную, но абстрактно максималистскую, которая состояла в том, чтобы отбирать и размножить на очень обширных площадях единственный селекционный сорт – количественно самый продуктивный. Но оказалось, что отсутствие генетического разнообразия давало возможность патогенному фактору, сопротивлению которому не мог оказать этот сорт, уничтожить весь сезонный урожай. Тогда пришли к заключению, что надо восстановить определенное генетическое разнообразие, для того чтобы оптимизировать, а не пытаться более максимизировать урожайность. Кроме того, интенсивная технология приводит к деградации почв, ирригация, которая не учитывает особенности почвы, вызывает их эрозию, накопление пестицидов разрушает регуляции между видами, уничтожая полезные виды наряду с вредными, иногда стимулируя безудержное размножение вредного вида, который получил иммунитет против пестицидов; затем токсичные вещества, содержащиеся в пестицидах, переходят в продукты питания и ухудшают здоровье потребителей и т. д.

Опять же судить о вреде или пользе современных технологий (в том числе и растениеводства) можно лишь с учетом стремитель-

ного роста населения Земли. Скажем, население Азии за 40 лет увеличилось более чем вдвое (с 1,6 до 3,5 млрд человек). Каково было бы дополнительным 2 млрд человек, если бы не «зеленая революция»? Хотя механизация сельского хозяйства привела к уменьшению числа фермерских хозяйств (и в этом смысле способствовала росту безработицы), польза от «зеленой революции», связанная с многократным ростом производства продуктов питания и устойчивым снижением цен на хлеб почти во всех странах мира, гораздо более значима для человечества.

Так, если сравнить мировую продукцию растениеводства в 1950 г. и 1998 г., то при прежней урожайности для обеспечения такого роста пришлось бы засеять не 600 млн га, как ныне, а втрое больше. Между тем дополнительные 1,2 млрд га уже, по сути, взять негде, особенно в странах Азии, где плотность населения чрезвычайно высока. Кроме того, земли, вовлеченные в сельскохозяйственный оборот, с каждым годом становятся все более истощенными и экологически уязвимыми. Влияние эрозии почв, сведение лесов и лугов на биоразнообразии все ощутимее.

С неудачами стран «третьего мира» и международных организаций, содействующих их развитию, в попытках добиться адекватной отдачи от вложений в сельское хозяйство смириться нелегко, поскольку на протяжении всей истории ни одной нации не удалось повысить благосостояние и добиться развития экономики без предварительного резкого увеличения производства продуктов питания, главным источником которых всегда оставалось сельское хозяйство. Поэтому, как считают многие специалисты, в XXI в. предстоит вторая «зеленая революция». Без этого не удастся обеспечить человеческое существование всем, кто приходит в этот мир.

Очевидно, что потребуются немалые усилия как традиционной селекции, так и современной сельскохозяйственной ДНК-технологии, для того чтобы добиться генетического совершенствования продовольственных растений в темпе, который позволил бы к 2025 г. удовлетворить потребности 8,3 млрд человек. Для дальнейшего роста производства сельскохозяйственной продукции понадобится много удобрений, особенно в странах экваториальной Африки, где до сих

пор удобрения вносят не более 10 кг на гектар (в десятки раз меньше, чем в развитых странах и даже в развивающихся странах Азии).

По оценкам специалистов, изучающих азотные циклы в природе, не менее 40% из 6 млрд человек, населяющих ныне планету, живы лишь благодаря открытию синтеза аммиака. Внести такое количество азота в почву с помощью органических удобрений было бы совершенно невыносимо, даже если бы все мы только этим и занимались.

«Зеленая революция» создала предпосылки для решения продовольственной проблемы, но не превратила обещание победить голод к XXI веку в действительность. Засуха в США и Канаде в 1989 г. сожгла почти треть урожая и напомнила миру о неустойчивости земледелия в условиях глобального потепления. В 90-е годы XX в. темпы производства зерна замедлились, а в ряде регионов – снизились по сравнению с 80-ми. Если принять индекс мирового производства продовольствия в 1979 – 1981 гг. за 100, то динамика его движения в 1993 – 1995 гг. приобрела отрицательное значение и составила в Африке – 95,9, в Северной и Центральной Америке – 95,4, в Европе – 99,4. Это поставило под угрозу достижения «зеленой революции» и потребовало создания принципиально новых методов для выведения новых сортов.

Положение в сельском хозяйстве осложнилось в связи со снижением плодородия и сокращением пахотных земель. По данным исследования, проведенного в 1991 г., потери верхнего слоя земли вследствие ее деградации в 16 – 300 раз превышали способность почвы к естественному восстановлению в различных регионах мира. По оценкам другого исследования, деградация земли с 1945 по 1990 год привела к снижению производства продовольствия в мире на 17%. Попытки компенсировать эти потери за счет ирригации и химизации дали определенный эффект, но разрушающе воздействовали на окружающую среду.

Широко известны медицинские проблемы, связанные с действием возбудителей болезней растений, в частности грибов, на организм человека. Так, продукты жизнедеятельности грибка аспергил – афлатоксины – являются опасными канцерогенами. Сегодня этим неистребимым грибком заражены посевы зерновых по всему

миру – 20 – 25% площадей в зависимости от культуры и региона. И эти афлатоксины мы, не ведая об этом, потребляем, например, с хлебом. ГМО-сорта с устойчивостью к грибковым заболеваниям не несут никаких токсических нагрузок. Некоторые исследователи, в частности д-р Ву, считают, что проблемы заболеваний, которым подвержены растения, на порядок выше той, что связана с ГМО.

Учитывая возрастающий интерес фермеров и других производителей к биотехнологической продукции, увеличение посевных площадей под ГМО-культурами, в рамках государственных инициатив предусмотрено углубление научных исследований по оценке риска биотехнологической продукции. Ученые, как правило, высказываются за принцип «осторожного отношения». Восприятие риска, его оценка несомненно зависят от уровня культуры нации. Например, что даже «зеленые», протестуя против ГМО-растений в сельском хозяйстве, не против использования ГМО в медицине и фармакологии, хотя они не представляют проблем, возникающих и в этой области (см. ниже). Те же «друзья Земли» признают безопасность устойчивых к гербицидам растений. Да и у нас никому не приходит в голову протестовать против генно-инженерного (человеческого) инсулина, которому диабетики в своей массе отдают предпочтение перед отечественным «свиным».

Во многих странах мира уже применяются в растениеводстве так называемые трансгенные (точнее другой термин – модифицированные) растения – соя, кукуруза, хлопок, рапс, картофель и многие другие, устойчивые к определенным пестицидам или насекомым. В 1995 г. в США зарегистрирован модифицированный сорт картофеля «новый лист», устойчивый к колорадскому жуку (компания «Монсанто»). Уже в последующие два года модифицированный сорт картофеля зарегистрировали у себя Канада, Япония, Мексика. Многие страны Европы, Южной Америки, Австралия проводят сегодня испытания модифицированных сортов растений.

Позитивные стороны модификации растений очевидны: упрощение технологий выращивания сельскохозяйственных культур, существенное снижение энергозатрат, а главное – загрязнение окружающей среды пестицидами. Кроме того, ГМО-растения дают

значительное повышение урожайности за счет снижения вредных воздействий насекомых и микроорганизмов, снижение себестоимости, а следовательно, и цен на продукты питания.

В сельском хозяйстве происходит ежегодный вынос с урожаем значительных количеств биогенных элементов, почва постепенно обедняется ими, истощается. Внесение минеральных удобрений компенсирует эти потери и позволяет получать относительно устойчивые высокие урожаи. Вместе с тем, не будучи связаны в гумусе, минеральные соли легко вымываются почвенными водами, постепенно стекают в водоемы и реки, уходят в подземные водоносные горизонты. В самой почве избыток минеральных солей изменяет состав почвенных животных и микроорганизмов, создающих гумус, его становится все меньше, и почва, теряя естественное плодородие, становится чем-то вроде мертвого пористого материала для пропитки минеральными солями. А промышленные удобрения всегда содержат примеси тяжелых металлов, склонных накапливаться в почве.

Процесс разрушения почвы значительно ускоряется применением ядохимикатов, убивающих вместе с вредителями почвенных насекомых, червей, клещей, без которых образование гумуса сильно тормозится. Постепенно продукция с таких полей становится все более загрязненной нитритами от избытка удобрений, пестицидами и тяжелыми металлами. Такая интенсификация земледелия дает, конечно, кратковременные положительные результаты, но все более обостряет проблему потери почвенного плодородия и сокращения земельных ресурсов.

Дальнейшее расширение посевных площадей приведет к катастрофическому ускорению исчезновения видов. Биологические методы поддержания плодородия почв – органические удобрения, смена и оптимальное сочетание культур, переход от химической защиты растений к биологической, строго соответствующие местным особенностям почв и климата способы обработки почв (например, безотвальная пахота) – необходимые условия сохранения и повышения плодородия почв и стабилизации производства продовольствия достаточно высокого качества и безопасного для здоровья людей.

Сокращение урожая и сценарии возможного решения продовольственной проблемы

Известны проблемы замедления роста урожайности, сокращения пашни с 0,24 га в 1950 г. до 0,12 га на человека в наши дни, дефицита и загрязнения водных ресурсов, изменений климата. В этих условиях внедрение в практику ГМО – единственная пока альтернатива традиционного ведения сельского хозяйства. Можно ожидать, что ГМО будут играть особую роль в новой «зеленой революции». Поток информации о ГМО позволяет предполагать, что они способны помочь решению множества проблем, от обеспечения продуктами питания растущего населения Земли до сохранения биологического разнообразия на планете и уменьшения давления пестицидов на окружающую среду. Один из аргументов в пользу ГМО сводится к тому, что именно «традиционное» сельскохозяйственное производство служит основным источником загрязнения окружающей среды. Решение этой проблемы может быть получено путем активного использования достижений биотехнологии, особенно в культивировании генетически модифицированных сортов зерновых, не требующих значительного применения пестицидов. Фермеры, выращивающие ГМО, используют меньше пестицидов, чем «традиционные» земледельцы.

Переход к трансгенным растениям (ГМО) – это смена модели «один вредитель – один химпрепарат» парадигмой «один вредитель – один ген». Вредители быстро адаптируются к новым условиям и приобретают устойчивость к новым поколениям инсектицидов. Например, колорадский жук приобретает устойчивость за два поколения. Борьба за рынки сопровождается интенсивным продвижением ГМО в новые регионы мира (в 1998 г. их посевы занимали 30 млн га, а в 2004 – около 70 млн га). Культивирование ГМО в крупных природных географических комплексах, где все элементы находятся в сложном взаимодействии и образуют единую систему, чревато обострением экологических проблем, связанных уже с монокультурным сельским хозяйством.

На выведение «*золотого риса*» было потрачено 10 лет и 100 млн долларов. Теперь ученым из Международного исследовательского

института риса, расположенного в Филадельфии, предстоит завершить доведение «лабораторного» продукта до коммерческого вида, на что потребуется от четырех до восьми лет. Однако с учетом того, что все это время 900 млн людей, живущих за чертой бедности (в основном в Азии, где основным продуктом питания как раз и является рис) будут продолжать страдать от голода и многочисленных болезней, сотрудники института готовы бесплатно передать новый рис любому государству, которое пожелает заняться его разведением. А ученые тем временем доведут до конца опыты с выведением «железного» риса, который, благодаря повышенному содержанию железа, способен помочь двум миллиардам страдающих от анемии людей.

Производство продуктов питания на душу населения в 1998 г. превысило показатели 1961 г. на четверть и оказалось на 40% дешевле. Однако проблемы производства продовольствия и борьбы с голодом нельзя считать решенными.

Сельское хозяйство – уникальный вид человеческой деятельности, который можно одновременно рассматривать как искусство и науку. И всегда главной целью этой деятельности оставался рост производства продукции, которое ныне достигло 5 млрд т в год. Чтобы накормить растущее население Земли, к 2025 г. этот показатель предстоит увеличить по меньшей мере на 50%. Но такого результата производители сельскохозяйственной продукции смогут достичь только в том случае, если в любой точке мира получат доступ к самым передовым методам выращивания самых высокоурожайных сортов культурных растений. Для этого им необходимо также овладеть всеми последними достижениями сельскохозяйственной биотехнологии, в частности получения и выращивания генетически модифицированных организмов.

ПРИКЛАДНЫЕ ДНК-ТЕХНОЛОГИИ. ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Человечеству требуется все больше продуктов питания и промышленного сырья, получаемого из растений. Поэтому усовершенствование растений, предназначенных для использования в сельскохозяйственном производстве, сейчас является наиболее интенсивно развивающейся областью применения ДНК-технологий. Традиционная селекция имеет существенное ограничение. Ее приемы позволяют получать гибриды только родственных растений. Скрещивать картофель разных сортов можно, но разных видов нельзя, например, нельзя получить гибрид сливы и яблони. Ветви древа жизни, пройдя долгий эволюционный путь, разошлись друг от друга очень далеко. Их развитие долго шло независимо. Потому что разные виды не «переплетаются» меж собой. И нельзя скрестить кошку с собакой, человека с обезьяной. И хотя есть мул, гибрид осла и лошади, он бесплоден, так же как и гибрид льва с тигрицей.

Природа воздвигла между далекими видами непреодолимый барьер, который мешает селекционной работе. Фактически селекционеры тасуют одни и те же гены. У них в руках словно бы колода, в которой все карты одинаковы. Кое-какие различия, конечно, имеются: одни карты пропечатаны чуть-чуть лучше, на других видны следы опечатки, смещения рамок... Селекционерам удалось получить гибрид капусты и редьки, но, к их глубочайшему разочарованию, он имел корни капусты, а ботву – редьки! А вот ДНК-технологи – генные инженеры – почти с первой попытки смогли сотворить гибрид свеклы со шпинатом и, если потребуется, смогут вырастить все что угодно и на заказ. Успехи генной инженерии связаны с плазмидами, с кольцевыми ДНК, способными «перетекать» из одной бактерии в другую. К огорчению ученых, тех же экспериментальных удобств растения и другие высокоорганизованные клетки не предоставляют. Природа разделила прокариотов (бактерии, синезеленые водоросли и другие наделенные плазмидами простейшие) от эукариотов (растительные и животные организмы) непроницаемой клеточной стенкой. Поэтому казалось: плазмидные способы изменения наследственности тут не помогут.

Так считалось. И вдруг обнаружилось, что есть все-таки выход. Выяснилось: то, что безуспешно пытаются делать молекулярные биологи, уже миллионы лет в природе проделывает обычная почвенная бактерия *Agrobacterium tumefaciens* и не только она. Она умеет вводить чужеродные гены в растения и заставляет их, растения, повиноваться своей воле – вынуждает синтезировать нужные ей белки. В результате такой генетической колонизации растительные клетки начинают безудержно размножаться, и образуется растительный нарост – галл (растительная опухоль). Исследователи выделили и виновницу этих превращений – растительную плазмиду (ее назвали *Ti*-плазмидой, от английских слов *tumor inducing* – «вызывающая опухоль»). Было установлено, что после заражения растения определенная часть плазмидной ДНК (Т-ДНК) способна встраиваться в хромосомную ДНК растительной клетки, становиться частью ее наследственного материала. Это генное вторжение заставляет растение синтезировать особые соединения (опины), которые служат бактерии пищей.

Итак, открывается уникальная возможность для включения в геном растений гена, функционирование которого может придать растению нужные свойства. *Ti*-плазмиды (у них можно подавить гены, способствующие возникновению растительных опухолей) открыли исследователей: в ограде, окружающей растительную клетку, обнаружили «выломанные доски». Впрочем, это необходимо отметить, биологические бреши найдены не для всех растений. Только для растений из класса двудольных. Для однодольных же (а к ним относятся важнейшие для сельского хозяйства зерновые, кукуруза, многие травы) проблема не решена: они обладают природной устойчивостью к заражению агробактериями. Здесь придется искать свои обходные пути.

Надежды, которые возлагаются на генетически модифицированные (ГМ) растения, можно подразделить на два основных направления:

1. Усовершенствование качественных характеристик продукции растениеводства.
2. Увеличение продуктивности и стабильности растениеводства путем повышения резистентности растений к неблагоприятным факторам.

Создание генетически модифицированных растений чаще всего выполняется для решения следующих конкретных задач.

- 1) В целях увеличения урожайности путем повышения:
 - а) резистентности к патогенам;
 - б) резистентности к гербицидам;
 - в) устойчивости к температурам, различному качеству почв;
 - г) улучшения характеристик продуктивности (вкусовых качеств, облегчение метаболизма).
- 2) В фармакологических целях:
 - а) получение продуцентов терапевтических агентов;
 - б) продуцентов антигенов, обеспечения пищевой «пассивной» иммунизации.

Основные задачи ДНК-технологии в создании ГМ-растений в современных условиях развития сельского хозяйства и общества довольно многообразны и заключаются в следующем.

1. Получение гибридов (совместимость, мужская стерильность).
2. Рост и развитие растений (изменение габитуса растений – например, высоты, формы листьев, корневой системы и др.; изменение в цветении – например, в строении и окраске цветков, времени зацветания).
3. Питание растений (фиксация атмосферного азота небобовыми растениями; улучшение поглощения элементов минерального питания; повышение эффективности фотосинтеза).
4. Качество продукции (изменение состава и/или количества сахаров и крахмала; изменение состава и/или количества жиров; изменение вкуса и запаха пищевых продуктов; получение новых видов лекарственного сырья; изменение свойств волокна для текстильного сырья; изменение качества и сроков созревания или хранения плодов).
5. Устойчивость к абиотическим факторам стресса (к засухе и засолению, жароустойчивость; к затоплению; адаптация к хо-

лоду; к гербицидам; к кислотности почв и алюминию; к тяжелым металлам).

6. Устойчивость к биотическим факторам стресса (к вредителям; к бактериальным, вирусным и грибным болезням).

На практике ситуация выглядит следующим образом: среди промышленно выращиваемых трансгенных растений доля устойчивых к гербицидам составляет 71%, к вредителям – 22%, одновременно к гербицидам и вредителям – 7%, к вирусным, бактериальным и грибным болезням – менее 1%.

Среди главных признаков, контролируемых перенесенными генами, на первом месте стоит устойчивость к гербицидам.

Среди генов, определяющих устойчивость к гербицидам, уже клонированы гены устойчивости к таким гербицидам, как глифосат (Раундап), фосфинотрицин (Биалафос), глифосинаммония (Баста), сульфонилмочевинным и имидазолиновым препаратам. С использованием этих генов уже получены трансгенные соя, кукуруза, хлопчатник и т. д. В России также проходят испытания трансгенные культуры, устойчивые к гербицидам. В центре «Биоинженерия» создан сорт картофеля, устойчивый к Басте, проходящий в настоящее время полевые испытания.

Существенным направлением в получении ГМ-растений являются попытки создать **биотопливо**. Проблема создания биотоплива возникла достаточно давно. Об этом мечтал еще Генри Форд. Будущий бензин можно будет извлекать из генетически модифицированных сои или кукурузы. Если учесть, что уже сегодня выращивают бананы с вакцинами и лекарствами, то никакой прямой ереси нет, тем более в основе нефти и растительных масел лежит одна и та же структура – углеводороды. Переход к топливным плантациям должен начаться с биодизельных топлив – их молекулярная структура настолько близка к структуре некоторых растительных масел, что на первых порах можно будет обойтись и без геной инженерии.

Появилась возможность создавать съедобные сорняки. Биоинженерия меняет не только растения, но и наши представления о них. Возможно, что завтра вместо того, чтобы ломать голову, как избавиться от сорняков, мы будем их есть.

Представить завтрашний день сельского хозяйства трудно, но с большой определенностью можно говорить о стратегических задачах, которые хотелось бы решить. Тут надо понимать, что цели природы и человека различны. Для людей, скажем, выгоднее получить пшеницу или ячмень с крупным зерном, с легкой обмолачиваемостью. Природе же важнее не размер, а количество зерен; а вот склонность к легкому обмолачиванию может оказаться для растения даже вредным.

Такой «разнобой во взглядах» природы и человека, могущество которого все возрастает, не может губительно не сказаться на биосфере. Из огромного разнообразия растений, кормивших человека 10 тысяч лет назад, сегодня основу питания (85%) составляет всего пять видов растений. Древнее природное разнообразие местных видов заменено ныне небольшим числом специально выведенных и почти насильно внедряемых сортов, выращиваемых на обширнейших пространствах. Девяносто шесть процентов урожая гороха в США получается всего-навсего от двух его разновидностей, а семьдесят один процент урожая кукурузы – от шести ее сортов. Великолепные по продуктивности растения используют, но они, к сожалению, становятся все более подверженными различным заболеваниям, таким, к примеру, как картофельная гниль. Растения приходится усиленно «лечить» пестицидами и прочими опасными для окружающей среды и самого человека средствами. Одна из важнейших целей ДНК-технологии – не менять среду под растения, а наоборот – растения менять таким образом, чтобы они были наиболее адаптивными к этой среде. Кроме этого – возврат растительного царства к многообразию, неоглядному богатству видов флоры.

Селекционеры, наблюдая за работой биоинженеров, испытывают чувство зависти от простоты и ясности экспериментов. Хотя многие из них считают, что генетическая инженерия – это своего рода увлечение, мода, что она пройдет, и никакой особой пользы практики от нее не получат. Медлительные, терпеливые, упорные, свято соблюдающие правила, издавна декретированные природой, деревенского, так сказать, склада, селекционеры подозрительно относятся к поспешным, явно урбанистическим методам биоинжене-

рии. Их раздражают рвение, спешка, рекламный шум, чрезмерные обещания, явное желание нарушить ритуалы, поскорее опрокинуть поставленные природой барьеры, обойти их, пролезть с «черного хода», зайти «вне очереди». Этот старый спор между сельской неторопливостью, основательностью и городской суетой и необязательностью, видимо, разрешится нескоро, потому что биоинженер, в конечном итоге, передает свои находки селекционерам, именно они должны судить, удался очередной генный «фокус» или нет.

Каких бы чудес ни напридумывали молекулярные биологи, рассуждают селекционеры, нам решать, что у них получилось. Потому что скоростные методы переделки сельского хозяйства – это миф. Для получения у данного растения нужных признаков требуется от двух до пяти лет. А потом еще, по крайней мере, от трех до восьми лет работы традиционными методами, чтобы закрепить эти признаки у растения.

Еще одна трудность для генетической инженерии, занятой растениями, в том, что селекция новых сортов затрагивает свойства растения, контролируемые уже не одним, а сразу **многими** генами. Поясним эту важную мысль таким примером. Уже давно ученые хотят сконструировать растения, способные сами себя «удобрять». Настойчиво пропагандируется мысль передать зерновым культурам – основной пище человечества – группы генов *nif* из бактерий, умеющих улавливать атмосферный азот, и тем самым избавиться от необходимости вносить в почву азотные удобрения. К сожалению, эта идея-фикс генных инженеров пока остается всего лишь мечтой, потому что переносить придется сразу 17(!) генов. И даже если предположить, что все же удастся заставить работать все эти гены (например, в геноме пшеницы), то, по оценкам специалистов, такие растения снизят урожайность на 20 – 30 процентов сухого веса из-за необходимости нести дополнительные энергозатраты на... фиксацию азота!

Да, в геноме растений есть дальние связи между генами, и вмешиваться в работу генной машины следует очень осторожно. Можно ненароком перевести генные механизмы растения из одного режима в другой, вовсе не желательный для человека. Хотя и в тра-

диционной селекции масса таких примеров, не говоря уже о том, сколько селекционеров вообще ничего не получили. Можно вспомнить и историю с геном ораце 2. В 1964 г. этот ген захотели использовать в США (университет Пардью) для обогащения зерен кукурузы лизином (аминокислота), что резко повысило бы питательную ценность кукурузного зерна. Перенос гена удался, радость была велика, но... урожайность у трансформированных сортов упала на 15 процентов, а сами зерна стали хрупкими и чувствительными к возбудителям болезней! Конечно же, очень жаль, что вооруженная генно-инженерными методиками селекция не может надеть сапоги-скороходы и двинуться вперед семимильными шагами. Верно, бесплатного сыра в ближайшем будущем она не обещает, но гарантирует хотя и скромные, но прочные, непрерывные и эффективные успехи в сельском хозяйстве.

Усовершенствование качественных характеристик продукции растениеводства

В рамках данного направления ведутся работы по изменению путем генетической трансформации генетического материала растений, направленные на уменьшение накопления вредных веществ, увеличение накопления полезных и вообще коренное изменение характеристик продукции, повышающих диетические, вкусовые и пищевые качества продукции.

Примером работ по уменьшению накопления токсичных веществ могут служить попытки создания батата, который не накапливает цианогенных¹ глюкозидов в корнях и листьях. Данная культура является важным продуктом питания 400 миллионов человек, главным образом в развивающихся странах. Однако накопление растениями батата цианогенных глюкозидов, таких как линамарин и (в меньшем количестве) лотаустралин, влияет на возникновение, по крайней мере, двух заболеваний.

¹ Цианиды – соли цианистоводородной кислоты (например, цианистый калий) – крайне опасные яды. Цианогенные вещества в процессе разложения или других химических превращений выделяют цианиды.

В рамках этих работ сначала было проведено изучение путей образования цианогенных глюкозидов у сорго, идентифицирован ген (СРУ79А1), участвующий в этом процессе, и найден сиквенс (аналог) подобного гена в базе данных арабидопсиса. На основании анализа последовательностей обоих генов были выделены консервативные участки (наименее отличающиеся для обоих генов). Путем ПЦР-амплификации этих консервативных участков у батата был выделен подобный ген, кодирующий, как оказалось, энзим, ответственный за синтез соединений, которые разлагают предшественники цианидов в батате. Было найдено два аллельных варианта данного гена и откартировано его положение в геноме. Данные используются при создании антисмысловых конструкций для блокировки этого гена, что должно предотвратить синтез цианогенных глюкозидов у батата.

Одной из проблем в ряде регионов мира является недостаток в продуктах питания железа в усваиваемых организмом формах. Особенно остро она стоит в районах Юго-Восточной Азии, где основным продуктом питания является рис. Работа по созданию риса, способного в увеличенном количестве накапливать железо, проведена японскими учеными. Ими был изолирован ген *ферритина* (белка, одна молекула которого накапливает до 4500 атомов железа) с повышенной активностью из проростков сои. Данный ген, поставленный под контроль промотора (регуляторный сегмент в гене, отвечающий за включение синтеза определенного продукта) запасного белка сои – *глютелина*, был встроен в геном риса. Испытания линий трансформированных растений показали, что накопление ферритина в их зерне в три раза выше, чем в зерне исходных линий. При этом не наблюдалось увеличения накопления железа в других органах трансформированных растений по сравнению с нетрансформированными (Goto et al., 1999).

Если говорить в целом, то основные проблемы недоедания, как известно, связаны с дефицитом не только железа, но и йода, витамина А у большей части популяции Земли. Этот момент и стал отправной точкой создания «золотого риса». Это самая идеальная, человеческая работа, которую сделала наука в последнее время. Человечество долго говорило о том, что анемия, обусловленная дефици-

том железа, является одним из самых распространенных и серьезных последствий нарушения питания. Недоеданию подвергаются более двух миллиардов людей, преимущественно женщин и детей. Последствием недоедания беременных женщин являются миллионы смертельных случаев среди матерей и младенцев при родах, а также кровоизлияния и сепсис в послеродовой период. У детей и подростков даже незначительное недоедание может вызвать нарушения умственного развития. Люди всех возрастов в условиях недоедания страдают ослаблением иммунной системы, ухудшением физического и умственного состояния, снижением работоспособности. Большую опасность представляет недополучение с продуктами питания адекватного количества железа, что и является основной причиной железодефицитной анемии. По данным ЮНИСЕФ, в мире два миллиарда человек страдают от такой анемии, а количество людей, испытывающих дефицит железа, почти вдвое больше – 3,7 миллиарда человек, подавляющее большинство из которых – женщины. В странах Африки и Азии железодефицитная анемия является причиной 20 процентов смертей среди рожениц.

По причине недостаточности витамина А в мире ежегодно умирает один миллион детей. А еще 230 миллионов детей (по данным ВОЗ) живут под угрозой клинической или субклинической недостаточности витамина А – состояния, которое в большинстве случаев может быть предотвращено. Дефицит этого витамина делает детей особенно уязвимыми к любым инфекциям и осложняет протекание многих заболеваний, является также причиной слепоты, которая в развивающихся странах ежегодно поражает 500 тысяч детей. Обогащение пищи витамином А, по данным ЮНИСЕФ, на 23% снижает детскую смертность. Мы все это знали, но даже «зеленая революция», которая прошла во всем мире, не решила этой проблемы.

Известно, что для большинства населения мира рис является основным продуктом питания. Но каротиноиды, используемые организмом человека для получения витамина А, в зернах риса отсутствуют. Именно поэтому его недостаточность часто встречается там, где рис служит основной пищей. Количество железа в организме зависит как от его наличия в продуктах питания, так и от

способности к его усвоению в процессе пищеварения. Лучшее всего усваивается железо, содержащееся в мясе. Однако из-за дороговизны и труднодоступности мяса в бедных странах основным источником железа в пище человека являются овощи, а усваиваемость этого железа гораздо ниже, чем содержащегося в мясopодуктах. Более того, в растительной пище и в зерновых, включая рис, содержится фитиновая кислота, потенциальный ингибитор всасывания железа. Аскорбиновая кислота, которой богаты фрукты и некоторые овощи, стимулирует абсорбцию железа растительного происхождения. Однако диета населения развивающихся стран обычно также очень бедна фруктами и полноценными овощами. Именно поэтому профилактика железодефицитной анемии и недостаточности витамина А до недавнего времени велась в трех направлениях: распространение пищевых добавок (прежде всего витамина А в капсулах), повышение качества пищевых продуктов (например, добавление железа в пшеничную муку) и путем повышения диетологической грамотности населения. Генные инженеры, которые занялись этой проблемой, сделали просто. Они решили эту проблему, восполнив отсутствие ключевых компонентов в повседневных продуктах питания методами ДНК-технологии.

Как отмечал Инго Патрикус, один из авторов «золотого риса», эта разработка была создана для человека, кроме того, «золотой рис» не был создан ни индустрией, ни в интересах индустрии; его применение решает жизненно важную проблему путем совершенствования традиционного образа питания; решение проблемы долгосрочное, бесплатное, не требующее дополнительных ресурсов; не имеет побочных эффектов, характерных для «зеленой революции»; индустрия не получает выгоды от его применения; выгоду получают социально незащищенные слои; местным фермерам технология предоставляется бесплатно и без ограничений; не создает их зависимости от большой индустрии; не дает преимуществ богатым землевладельцам; до сих пор не выявлено никакого существенного негативного воздействия на окружающую среду; не выявлено также никакого существенного риска для здоровья потребителей; традиционными методами получить такой сорт невозможно и т. д.

Биотехнологи добились и других успехов. Им удалось получить особые помидоры. У них плоды краснее, круглее, тяжелее обычных, они имеют характерный запах и структуру, а плотность их такова, что они прыгают, как мячики. Точнее говоря, выведены два новые сорта помидоров. Один предназначен для использования при приготовлении первых блюд. Для плодов этого сорта характерна повышенная плотность. Они мясисты, потому что содержат мало жидкости. У второго сорта плоды темно-красные, круглые, как апельсины, их мякоть почти так же плотна, как у дыни. Плоды хорошо хранятся и переносят транспортировку.

Скорость, с которой биотехнология осваивает в сельском хозяйстве новые рубежи, потрясает.

Продукты «здорового образа жизни» («healthy food products»)

С усилением понимания здорового образа жизни увеличился спрос на продукты питания, не содержащие вредных веществ. И здесь ДНК-технологии не могли не принять участия.

Голландские ученые создали сахарную свеклу, продуцирующую фруктан – низкокалорийный заменитель сахарозы. Получить такой результат удалось путем встройки в геном свеклы гена из иерусалимского артишока, который кодирует фермент, превращающий сахарозу в фруктан. Таким образом, 90% накопленной сахарозы у трансгенных растений превращается в фруктан.

Еще одним примером работ по созданию «healthy food products» может служить попытка создания безкофеинного кофе. Группой ученых на Гавайях был изолирован ген фермента ксантозин-N7-метилтрансферазы, который катализирует критический первый шаг синтеза кофеина в листьях и зернах кофе. Путем использования агробактериум-опосредованной трансформации была встроена бессмысловая версия данного гена в клетки культуры тканей кофе «Арабика». Исследования трансформированных клеток показали, что уровень кофеина в них составляет всего 2% от нормального. Если работы по регенерации и размножению трансформированных растений пройдут успешно, то их использование позволит избежать

процесса химической декофеинизации кофе, что позволит не только сэкономить по \$2,00 на килограмме кофе (стоимость процесса), но и сохранить вкус испорченного таким образом напитка, который частично утрачивается при этом.

Работа по повышению качественных характеристик растениеводческой продукции хорошо иллюстрирует возможности современных ДНК-технологий в решении самых разнообразных задач.

Основные направления коммерческого использования генетически модифицированных растений

Исходно разработка методов трансгеноза у сельскохозяйственных животных и растений обосновывалась необходимостью конструкции новых геномов, обеспечивающих более высокую продуктивность и устойчивость к неблагоприятным воздействиям. Существенные практические достижения в этом направлении получены у растений.

В результате развития методов получения генетически модифицированных растений удалось добиться очевидных достижений в таких направлениях.

Ученые настроены чрезвычайно оптимистично. Вдохновенно обсуждают планы применения геной инженерии для получения чудо-растений. Однако далеко не все разделяют оптимизм исследователей. В США намерение биологов перейти в ближайшее время от лабораторных опытов к испытаниям в природных условиях вызывает активный протест защитников окружающей среды. Противники геной инженерии требуют запретить генетические манипуляции над растениями в природных условиях. Их пугает возможность создания устойчивого к засухам, гербицидам и холоду вида растений, который, выйдя из-под контроля, начнет бурно размножаться и вытеснит всю дикорастущую флору.

О возможной опасности генноинженерных работ говорят и такие факты. В последние годы в США ведутся активные действия с целью получения биологических средств для борьбы с заморозками. Ученые создали биологический «антифриз». Убытки, связанные с заморозками, составляют в США более миллиарда долларов в год.

И, как выяснилось, во многом тут виноваты бактерии. Именно они способствуют образованию губительных кристалликов льда. При отсутствии на поверхности листьев бактерий видов *Pseudomonas syringae* и *Erwinia herbicola* вода на растениях с падением температуры не замерзает, а становится переохлажденной. Растения при этом могут выдерживать температуру до восьми градусов ниже нуля по Цельсию. Заморозки вредят растениям, только если на них образуется лед. А для начала кристаллизации сверхохлажденной воды нужны «ядра», или «центры», кристаллизации. Этими «ядрами» и служат бактерии упомянутых видов. На них-то и «нанизываются» образующиеся кристаллики льда. Вероятно, те же микроорганизмы вызывают кристаллизацию воды и в облаках. Сначала американские ученые (Висконсинский университет) пытались бороться с бактериями, опрыскивая поле стрептомицином. Но ясно, что широкое использование этого средства неблагоприятно скажется на окружающей среде. Поэтому тактику борьбы пришлось сменить.

Было решено натравить на бактерии убивающие их вирусы – бактериофаги. Лабораторные эксперименты обнадежили. В течение нескольких часов удавалось уничтожить более 90 процентов льдообразующих бактерий. Еще более иезуитский прием – генно-инженерными методами так преобразовать бактерии, чтобы они более не вызывали кристаллизации льда. Так сказать, «перевоспитать» их.

Парадокс тут в том, что исследователи толком не знают, что делает бактерии «ядрами» кристаллизации. Однако им удалось уничтожить в бактерии *Pseudomonas syringae* гены, определяющие это их неприятное для людей качество.

Ученые вели поиск методом проб и ошибок. Они приготовили из ДНК этой бактерии набор (библиотеку) фрагментов самой разной длины. Каждый из фрагментов был затем «вшит» в кишечную палочку, которая обычно не вызывает образования кристалликов льда. И вот – о радость! – один из фрагментов превратил *Escherichia coli* в ядро кристаллизации. Затем следующий этап этой работы – биоинженеры «вырезали» из ДНК бактерии кусок, «ответственный» за кристаллизацию. И такой ДНК (ее назвали «минус лед») заменили «нормальную» ДНК бактерии *Pseudomonas syringae*. Уже собира-

ются распылять культуры полученных бактерий на опытных участках, засаженных картофелем, для повышения морозостойкости растений. Говорят, это первый значительный эксперимент генетических инженеров, затрагивающий окружающую среду. Все было бы хорошо, но бактерии, вокруг которых образуются кристаллики льда, скорее всего, играют в природе заметную роль. При занесении их воздушными потоками в верхние слои атмосферы они способствуют образованию дождя и снега. Что произойдет, если эти бактерии, «аборигены», не выдержат «конкуренции» с модифицированными человеком микробами?

ГМО-растения, устойчивые к насекомым-вредителям

Одним из факторов риска в получении высоких и стабильных урожаев является поражение посевов насекомыми. Так, например, ущерб от поражения посевов кукурузы кукурузным мотыльком (*Ostrinia nubilalis*) в США составляет около миллиарда долларов в год. А тысячи тонн инсектицидов, расходуемых ежегодно, естественно, не очень полезны окружающей среде.

Молекулярные биологи сумели обеспечить организмы иммунитетом к их вредителям. Исходной точкой для исследователей послужила бактерия *Bacillus thuringiensis*. Этот микроорганизм давно известен как биологический инсектицид, искусственно выращиваемый и используемый для опыления культурных растений. С листья растений бактерии попадают в организм вредителей, нарушая пищеварительную функцию гусениц. Причиной тому служит особый белок, вырабатываемый микроорганизмами. В течение 40 часов насекомые погибают. Преимущество подобных пестицидов в том, что они совершенно безвредны для людей и животных.

Но зачем с трудом выращивать бактерии, а затем их распылять? Такой вопрос задали себе бельгийские ученые. Они выделили искомый ген белка-убийцы и, используя в качестве переносчика генов T1-плазмиды, включили его «строительные элементы» в ДНК нужных растений (например, кукуруза, картошка, табак, томаты и др.). Их листва сама стала «производить» смертельный для вредителей белок.

Повышение устойчивости растений к насекомым методами ДНК-технологий достигается путем встраивания в геном растений генов, под контролем которых осуществляется синтез веществ, токсичных для насекомых и безопасных для людей и животных.

Наиболее распространенным приемом сейчас является введение гена *Bt*-токсина – естественного инсектицида, вырабатываемого почвенными бактериями *Bacillus thuringiensis*. Данный белок термостабилен, т. е. разрушается при термической обработке продукции. Кроме того, он нетоксичен для теплокровных животных. Почвенная грамположительная бактерия *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) продуцирует в процессе спорообразования кристаллические белковые включения, состоящие из белков, называемых *Cry*-белками. Они обладают селективным действием против узких групп насекомых, причем различные классы белков эффективны для применения против разных насекомых-вредителей. *Cry*-белки присоединяются к специфическим участкам клеток пищеварительной системы насекомых и образуют ион-селективные каналы в клеточных мембранах. Они распознают особый рецептор в пищеварительной системе контролируемого насекомого. Это приводит к чрезмерному поступлению воды, клетки разбухают, что приводит к лизису и последующей гибели насекомого.

Bt-защищенные растения экспрессируют один или несколько *Cry*-белков для защиты от чешуекрылых и жесткокрылых вредителей.

В мире известны тысячи штаммов *Bt* с разнообразными генами и широким потенциалом биологически активных белков. В целом эти штаммы представляют богатейший источник структурных компонентов многочисленных будущих препаратов для борьбы с самыми разнообразными вредителями.

Успехи генной инженерии неизмеримо расширили спектр биологических объектов, перспективных в качестве доноров генов. Помимо растений, ими могут быть насекомые, грибы, бактерии, вирусы. Отсюда стремление биотехнологических компаний создавать свои частные банки генов. Так, фирма «Бристайл-Майерс» (США) имеет патенты на многие бактериальные культуры, в числе которых образцы из Индии, а также Филиппин, Фиджи, Бразилии, Перу и др.

По нормам промышленного патентования фирма приобретает монопольное право на их использование.

В настоящее время компаниями «*Monsanto*», «*AgrEvo*», «*Mycogen*» и «*Novartis*» созданы другие трансгенные формы, устойчивые к насекомым, так называемые *Bt*-растения – соя, хлопчатник, кукуруза.

Специалисты и ученые полагают, что применение *Bt*-растений может иметь не только хорошее коммерческое будущее, но и экологический эффект. Известно, что только 5% внесенного инсектицида срабатывает по назначению, остальные 95% попадают в окружающую среду, уничтожая многие виды насекомых, в том числе и полезных. Сокращение же объемов применения инсектицидов приведет к восстановлению популяций многих полезных насекомых, что, несомненно, положительно скажется на многих видах растительного и животного мира.

В Китае получены трансгенные растения более 50 видов, которые включают основные злаки (рис, пшеница, кукуруза, сорго), а также хлопчатник, сою, рапс, арахис, овощные культуры (кочанная и цветная капуста, перец), плодовые (яблоня, цитрусовые, киви), древесные (тополь, эвкалипт, шелковица). Более 100 генов, включая маркерные, использовано в этих экспериментах. Трансгенный табак, устойчивый к вирусам, выращивали уже в 1994 г. на площади 36 000 га. Прошли полевые испытания трансгенные растения хлопчатника с генами *Bt* или ингибитора протеаз, устойчивые к насекомым, служащие исходным материалом для создания устойчивых к насекомым сортов этой культуры для различных районов Китая. Разработанный для хлопчатника в 1983 г. Жоу (*Zhou*) метод трансформации по следу пыльцевой трубки с успехом использовался для генетической трансформации риса, пшеницы, сои. Наиболее значительным успехом в Китае считается получение пшеницы, устойчивой к вирусам за счет гена белка оболочки, и устойчивого к насекомым хлопчатника с геном эндотоксина *Bt*.

Первым трансгенным растением, экспрессирующим гены *Bt* и прошедшим полевые испытания, стал картофель, полученный фирмой «Монсанто». Однако кукуруза является намного более важной культурой для Америки. Только в США она выращивается на 60 –

70 млн акров (стоимость урожая примерно 21 млрд долл.). Огромный объем рынка привлек и другие компании. «Пионер», «Монсанто» и «ДеКалб Дженетикс» также имеют трансгенную кукурузу.

Протеин *Bt* активен не только против европейского мотылька кукурузы, но также против юго-западного мотылька и кукурузной моли. Ориентировочные потери от этих основных вредителей кукурузы составляют 800 – 900 млн долл. ежегодно.

ГМО–гербицидустойчивые растения

Современное сельскохозяйственное производство невозможно без применения гербицидов. Применявшиеся ранее гербициды как селективные, так и тотального действия считались сравнительно дорогими и оказывали отрицательное воздействие на окружающую среду, накапливаясь в почве, почвенных водах и произрастающих растениях. Синтезированы гербициды нового поколения, которые значительно более эффективны и поэтому применяются в очень низких концентрациях и быстро разрушаются почвенными микроорганизмами. Однако они являются неселективными и ингибируют рост как сорняков, так и всех культурных растений.

Устойчивость растений у гербицидам может возникать различными путями. Она может быть результатом точечных мутаций генов, кодирующих белок-мишень для данного гербицида. Такие мутации описаны по устойчивости к гербицидам, которые действуют на фотосинтез растений и синтез аминокислот. Эти мутации и являются причиной появления на полях устойчивых сорняков, что приводит к необходимости ротации гербицидов через определенное количество лет, когда устойчивые сорняки накапливаются в количествах, могущих снизить эффективность применения данного гербицида.

Устойчивость к гербицидам может быть связана также с амплификацией генов устойчивости. Отселектирована клеточная линия табака, устойчивая к сульфониломочевинным и имидазолиновым гербицидам. Фермент-мишень ацетогидоксикислая синтаза этой линии была в 50 – 780 раз менее чувствительна к гербицидам, чем фермент дикого типа. С помощью гибридизации по Саузерну установлено, что амплификация одного из генов, кодирующих мутант-

ный фермент, достигала примерно 20 копий. Определена природа устойчивости мутантного фермента, связанная с заменой пролина в 196-м положении серином.

Фермент ацетолактатсинтаза (*ALS*) является мишенью для ряда гербицидов: сульфонилмочевин, имидазолинонов и триазолпиримидинов. Проведено клонирование гена *ALS*, его мутагенез *in vivo* и *in vitro* и трансформация гербицидоустойчивого гена в растения рапса с помощью агробактерий. Отбор по устойчивости к канамицину и непосредственно к хлорсульфурону привел к появлению гербицидоустойчивых растений.

Проведены полевые испытания трансгенных линий табака по чувствительности к сульфонилмочевинным гербицидам. В отсутствии обработки гербицидами обе трансгенные линии уступали контролю по урожаю.

При трансфекции протопластов табака геномной ДНК мутанта арабидопсиса, устойчивого к хлорсульфурону, толерантные каллусные линии получены с частотой $4,7 \times 10^{-6}$.

Глифосат является активным ингредиентом неселективного гербицида раундапа. Он ингибирует синтез ароматических аминокислот (фенилаланин, тирозин, триптофан) у бактерий и растений, а *aroA* ген кодирует фермент-мишень EPSP синтазу (3-енолпирувилшикимат-5-фосфат синтазу), на которую действует глифосат.

Доказательством подобной функции было клонирование *aroA* гена *Eshirichia coli*: при его введении в мультикопийные плазмиды наблюдалась 5 – 17-кратная суперпродукция EPSP синтазы и, как следствие, 8-кратное повышение устойчивости к глифосату.

Из кишечной палочки клонирован ген, введение которого в табак привело к получению устойчивых к глифосату растений.

При получении трансгенных растений петунии (*Petunia hybrida*) с высоким уровнем экспрессии *aroA* гена они были устойчивыми к глифосату. Линия сои с агробактериальным геном, слабо чувствительным к глифосату, была очень устойчива к гербициду в полевых условиях, переносила обработку до 1,68 кг/га глифосата без видимых повреждений.

Клонирован также ген фермента глифосатоксидоредуктазы, превращающий глифосат в нетоксичное соединение – аминометил-фосфовую кислоту.

Комбинация двух генов *CP4* и *GOX* использовалась фирмой Монсанто в качестве селективируемых генов при трансформации кукурузы и некоторых двудольных. При микробомбардировке незрелых зародышей микрочастичками вольфрама, покрытыми ДНК плазмиды, несущей *CP4* и *GOX* гены, получены трансгенные растения пшеницы, устойчивые к коммерческим концентрациям глифосата.

В настоящее время изучен ряд штаммов стрептомицетов, которые в качестве вторичного метаболита продуцируют антибиотик биалафос (фосфинотрицин), который был впервые выделен в культуре бактерий *Streptomyces viridochromogenes* в 1972 г. Он представляет собой трипептид и состоит из фосфинотрицина и двух остатков аланина. Биалафос был выделен также из одного штамма *Streptomyces hygrosopicus*.

Гербицид биалафос (фосфинотрицин) ингибирует глутаминсинтетазу. *Bar*-ген кодирует фермент, который ацетирует гербицид, превращая его в нетоксичное соединение. Трансгенные растений с *bar*-геном приобретают устойчивость к данному гербициду.

В создании растений, устойчивых к гербицидам, сейчас используют два основных принципа, обеспечивающие реализацию задачи.

Гиперэкспрессия – значительное повышение синтеза продукта, против которого направлено действие гербицида. В этом случае при использовании гербицида в дозах, летальных для других растений, в растения будет ингибирована только часть данного продукта. Оставшегося количества будет достаточно для поддержки функций организма. Поэтому гербицид не окажет на растение летального действия. Примером реализации такого подхода явилась работа (Lermontova, Grimm, 2000) по созданию растений табака, устойчивых к ацифлуорифену. Данный гербицид ингибирует фермент протопрофириноген IX оксидазу (*PPOX*), участвующий в синтезе хлорофилла. Авторами было идентифицировано у табака два гена: один – *PPOX-1*, кодирующий хлоропластный фермент, и *PPOX-2*, кодирующий митохондриальный фермент. После этого растения таба-

ка были модифицированы генно-инженерной конструкцией, содержащей ген *PROX-1*, что обеспечивало высокий уровень его синтеза в молодых листьях. В результате трансгенные растения имели повышенный уровень содержания данного фермента, который коррелировал с их повышенной устойчивостью к ацифлуорифену.

Другим путем создания устойчивых к гербициду растений является поиск генов, которые не ингибируются данным гербицидом, и последующее внедрение их в геном культурных растений. В этом случае культура не будет реагировать на использование гербицида вообще, в то время как сорняки будут погибать. Примером данного подхода может служить внедрение в геном пластидов табака гена петунии, обеспечивающего устойчивость к гербициду глифосату (Daniell et al., 1998).

Специфической проблемой создания и использования генетически модифицированных культур, устойчивых к гербицидам, является предотвращение возможности переноса генов устойчивости к сорным растениям путем переопыления с дикими родственниками. Интересный подход в решении этой проблемы – использование техник, позволяющих целенаправленно встраивать генно-инженерные конструкции в ДНК цитоплазматических оргanelл (митохондрий и пластидов). Гены цитоплазматических оргanelл наследуются нехромосомно по материнской линии. Поэтому они не могут быть переданы с пылью диким родственникам, с которыми способна скрещиваться данная культура. Об успешном эксперименте в этом направлении сообщено Daniell et al. (1998). Здесь была успешно проведенастройка путем гомологичной рекомбинации гена *EPSPS* петунии, который обеспечивает устойчивость к глифосату, в пластиды табака. ГМ-растения оказались устойчивыми к гербициду, в то время как контрольные погибли в течение двух недель после обработки.

Площади возделывания ГМ-растений, одновременно устойчивых к гербицидам и насекомым, увеличились с 0,1% в 1997 г. до 1% в 1998 г. Примерами этой группы могут быть кукуруза и хлопчатник, устойчивые к раундапу и одновременно устойчивые к кукурузному мотыльку и хлопковой совке соответственно.

ГМО-растения, устойчивые к болезням

При атаке различных патогенов в растениях включается целый набор различных механизмов, результатом работы которых могут быть: полное невосприятие патогена (иммунитет), быстрая программируемая гибель клеток в сайтах атаки патогена (сверхчувствительная реакция) и различные степени поражения вплоть до полной гибели растения.

В обеспечении защиты растений от заболеваний, вызываемых грибами, бактериями и вирусами, участвует ряд ключевых механизмов, модификация которых в настоящее время уже используется для получения устойчивых растений. Перечень таких ключевых этапов защиты растений от заболеваний, индуцируемых патогенными агентами, и примеры их модификаций представлены ниже.

Усиление сигнальных систем, участвующих в формировании иммунного ответа. Растения узнают патоген по сигнальным молекулам – *элиситорам*. У многих видов растений в ответ на атаку патогенов возникает системно индуцированная устойчивость (SAR), эффект которой может продолжаться неделями и месяцами. Идентифицирован ряд генов SAR. Растения, в которых экспрессировалась ДНК этих генов, характеризовались высоким уровнем толерантности к патогенам. Одной из первых реакций для индукции SAR становится синтез салициловой кислоты.

Одним из самых ранних ответов на атаку патогена является накопление H_2O_2 и других активных форм кислорода. В дополнение к его окислительному потенциалу в гибели или ингибировании клеток патогена H_2O_2 вовлечен также в ряд защитных механизмов. Обнаружен быстрый синтез перекиси водорода при несовместимой реакции не только как локальный пусковой сигнал (триггер) индукции сверхчувствительной гибели клеток, но также как диффузный сигнал для активации генов защиты, например, глютатион-S-трансфераз в окружающих клетках.

Реакция растений к патогенам определяется «совместимостью», когда патоген преодолевает механизмы защиты растения и проявляются симптомы поражения, или «несовместимостью», когда механизмы устойчивости исключают или существенно тормозят

развитие патогена. Еще в 1971 г. Флор выдвинул гипотезу, согласно которой реакция «несовместимости» может контролироваться одной парой генов: геном *R* устойчивости растения и геном *Avr* авирулентности патогена.

Эти *R*-гены часто объединены в комплексы. Они могут претерпевать рекомбинации, дупликации, делеции и другие перестройки генетического материала хромосом, что и приводит к эволюции новых вариантов специфической устойчивости. На проявление устойчивости могут также влиять эффекты дозы генов, неаллельные взаимодействия и эпистаз, а также их эффект может модифицироваться генетическим окружением растения-хозяина. Эти гены-модификаторы не всегда способны сами влиять на реакцию устойчивости, однако возможно, что они образуют систему генов от детерминантов специфического узнавания до генов, кодирующих соединения, которые и вызывают гибель клеток при несовместимых комбинациях.

В последние годы для получения трансгенных растений, устойчивых к болезням, разрабатывали такие подходы: синтез значительных количеств антигрибных протеинов, таких как хитиназы, глюканазы, и белков, инактивирующих рибосомы, или синтез низкомолекулярных фунгитоксических соединений, таких как фитоалексины и дефензины. Возможно также получение трансгенных растений, синтезирующих новые фитоалексины или фитоалексины измененной структуры.

Проведены опыты по повышению устойчивости табака к фитопфторе (*Phytophthora parasitica*) путем встройки гена, кодирующего бетакриптоген под конститутивным промотором вируса 35S мозаики цветной капусты. Трансгенные растения показали повышенную устойчивость к ряду рас данного гриба (Terfer et al., 1998).

Усиление синтеза веществ, токсичных для патогенов. В томаты встроены два гена ферментов, катализирующих синтез веществ, повышающих устойчивость к фитопфторозу, что привело к повышению на 65% их устойчивости по сравнению с контролем (Thomzik et al., 1997). Другие исследователи (Y. Tabei et al., 1998) трансформировали огурцы геном хитиназы риса, повысившим резистентность к серой плесени.

Управление программируемой гибелью клеток (апоптозом).

Апоптоз – контролируемая гибель клеток, которая является одним из защитных механизмов растений, когда в ответ на атаку патогена происходит синтез цитотоксичных соединений в пораженных клетках и локальная гибель клеток – так называемая сверхчувствительность. В процессе развития растений программируемая гибель клеток (ПГК) наблюдается при старении органов, созревании плодов, ксилогенезе, старении створок бобов и т. д. В клетках, претерпевающих ПГК, отмечается активность протеаз и нуклеаз, деградирующих белки и нуклеиновые кислоты. Эти протеазы включают цистеиновые, металло-, сериновые и протеазы аспарагиновой кислоты.

В настоящее время еще не ясны детали ПГК клеток растений, однако уже ясно, что основные этапы ПГК клеток животных и растений одинаковы. Морфологически это наблюдается в виде сморщивания цитоплазмы, конденсации ядра, образовании везикул мембран. Биохимические изменения включают приток ионов кальция, высвобождение фосфатидилсерина, активацию специфических протеаз, фрагментацию ДНК.

Проникающий в клетку инфекционный агент использует клетки растения-хозяина как субстрат для своего роста, развития и размножения. Одним из путей защиты растений является гибель инфицированных клеток. В то же время субстратом некоторых грибов являются именно мертвые клетки. Поэтому предотвращение гибели клеток в некоторых случаях делает невозможным рост и развитие патогена, что препятствует его распространению у растения. В этой связи разрабатываются методы контроля апоптоза.

Разработка приемов управления апоптозом путем использования ДНК-технологий – один из путей повышения иммунитета растений к инфекциям. Это достигается путем введения генов, которые управляют апоптозом. Приведем несколько примеров таких работ.

Предотвращение гибели клеток в некоторых случаях делает невозможным рост и развитие паразита, чем препятствует его распространению в растении. Гриб *Sclerotinia sclerotiorum* выделяет токсин, летальный для клеток растений-хозяев, и использует вещества мертвых клеток для питания. Растения табака были трансфор-

мированы геном нематоды CED-9, который ингибировал апоптоз. Трансгенные растения имели повышенную резистентность к данному возбудителю и останавливали его распространение из точки инокуляции. Данная работа интересна не только тем, что предлагает новую стратегию усиления механизмов защиты растений, но и тем, что демонстрирует общность путей контроля апоптоза у растений и животных (*Dickman*). Трансгенные томаты, несшие ген бакуловируса *p35*, ингибирующий апоптоз, также имели усиленную резистентность к возбудителям грибковых и бактериальных инфекций. К подобным выводам пришел Дэвид Гилчрист (Калифорнийский университет), выполняя работу по изучению действия микотоксинов на клетки животных и растений. Он сообщил, что один из токсинов (сфинганин), который вызывает лизис тканей мозга лошадей, также вызывает апоптоз у инфицированных растений. Был также сделан вывод о том, что путем стимулирования апоптоза грибы создают себе субстрат, поэтому его ингибирование может предотвращать развитие грибной инфекции.

Подход, обратный описанному выше и заключающийся в стимулировании апоптоза, также может быть использован для защиты растений от инфекций.

Компанией Монсанто разработан способ получения трансгенных растений, устойчивых как к бактериальной, так и грибной инфекции. В картофель вводят грибной ген, кодирующий синтез фермента, окисляющего глюкозу с образованием пероксида водорода. Полученные растения устойчивы и к мягкой гнили, и к фитофторе.

Относительно недавно открыты короткие пептиды, богатые остатками цистеина, обладающие антимикробными свойствами. Они названы *дефензинами*.

В настоящее время создаются трансгенные растения томатов, картофеля, рапса, моркови, яблони и груши с геном дефензинов редьки. Аналогичная работа проводится по созданию трансгенной капусты и малины.

Устойчивость к вирусам и вириодам

Одним из первых достижений в защите растений методами генетической инженерии явилось создание трансгенных растений, устойчивых к вирусам, путем внесения генов белков вирусной оболочки. Устойчивость обычно ограничена только вирусом, ген оболочки которого трансформирован в донорное растение. Причем эта устойчивость может быть настолько специфической, что может проявляться только для мутантной формы вируса и не срабатывать для вируса дикого типа, если введен ген белка оболочки этого мутантного вируса.

Один из оригинальных методов защиты растений от вирусов с помощью трансгеноза предложен В. Шибальским в 1988 г. Его сущность заключается во введении в геном растений трансдействующих доминантных летальных генов или, по терминологии Шибальского, «антигенов», которые кодируют измененные мутациями белки вирусов, существенные для их воспроизводства, и путем конкурентного замещения соответствующих белков вируса дикого типа прерывают его размножение. С использованием такого подхода удалось получить очень высокую устойчивость растений к вирусу *X* картофеля (*PVX*). В этом случае в ген репликазы *PVX* с помощью направленного мутагенеза вводили мутации, сопровождающиеся заменой аминокислот в консервативном участке полипептидной цепи репликазы, ассоциированном с ее каталитическим сайтом. Для экспрессии мутантного трансгена в растениях табака были характерны внутриклеточное накопление инактивированной репликазы и появление высокой устойчивости растений к заражению вирусом *PVX*.

Со времени обнаружения в 1986 г. факта устойчивости растений табака к вирусу табачной мозаики при введении гена белка оболочки этого вируса подобная устойчивость получена для большого количества вирусов различных таксономических групп. Уже проведены полевые испытания устойчивых к вирусам растений, полученных при использовании этих подходов.

При введении в растения риса гена, кодирующего белок оболочки вируса *hoja blanca*, причиняющего значительные потери урожая

в странах тропической Америки, отмечено ослабление симптомов поражения, увеличение различных агрономических показателей. Трансгенные растения с самым высоким уровнем экспрессии трансгена имели только один или несколько листьев с симптомами вирусного поражения.

Один из коммерческих сортов картофеля (Бзура) был трансформирован конструкцией гена оболочки вируса курчавости листьев в смысловой и антисмысловой ориентации. В смысловой ориентации структурной части этого гена предшествовала лидерная последовательность короче, чем таковая у субгеномной РНК, образующейся у инфицированных клеток. Антисмысловая конструкция включала последовательность, комплементарную первым 2020 нуклеотидам субгеномной РНК. Трансгенные растения, экспрессирующие вирусную РНК, были устойчивы к вирусу при поражении тлями – переносчиками вируса. У одной линии с антисмысловой ориентацией гена инфекция отсутствовала даже при прививке растений на инфицированные подвои.

Получены трансгенные растения различных сортов гороха с геном белка оболочки вируса мозаики люцерны, вызывающим значительные потери урожая и снижение качества семян. Идентифицированы три линии трансгенных растений гороха, потомство которых было устойчивым при механической инокуляции этим вирусом.

Другой современный подход к получению трансгенных растений, устойчивых к вирусам, основан на введении в них трансгенов, синтезирующих в клетках моноклональные антитела, направленные против вирусных белков. В одной из работ с использованием такого метода создали эффективную систему защиты растений от вируса морщинистой мозаики артишока.

Еще одним способом является введение генов, кодирующих РНК-зависимую РНК полимеразу (репликазу). Репликаза – фермент, осуществляющий самокорирование молекулы нуклеиновой кислоты (РНК или ДНК). В ряде случаев эта устойчивость была достаточно высокой, чтобы полностью подавить накопление вирусов в инокулированных растениях.

Изучена возможность получения трансгенных растений, устойчивых к вирусам, за счет индукции у них белков общего ответа на инфекцию вирусами. В растения табака и люцерны интродуцирован ген интерферона человека. При инфицировании ВТМ растений табака и вирусом мозаики люцерны растений люцерны наблюдали задержку в развитии симптомов болезней у трансгенных растений.

Вероятно, наиболее рациональным типом генетически-инженерной устойчивости трансгенных растений к вирусам является та, что воздействует на процесс репликации. Ингибируя процесс репликации, можно быть достаточно уверенным, что вирус не сможет накапливаться в количествах, достаточных для преодоления индуцированной устойчивости или мутировать в форму, способную преодолеть эту устойчивость. Опубликованные данные показывают, что связанная с репликазой устойчивость может быть очень эффективной и действительно влиять на процесс репликации вирусов. Имеются сообщения, что эта устойчивость может распространяться на достаточно широкий спектр вирусов при использовании модифицированного гена репликазы.

Устойчивость к вирусам может быть индуцирована также внесением генов, кодирующих рибозимы, способные расщеплять РНК вирусов в обычной или антисмысловой ориентации.

Активизация защитных систем организма

В обеспечении защиты растений от заболеваний, вызываемых грибами, бактериями и вирусами задействован ряд механизмов. Задачи ДНК-технологии в этом направлении состоят в том, чтобы активизировать у растений эти механизмы. Рассмотрим, какие это механизмы и каким образом достигается их активизация.

Усиление сигнальных систем, участвующих в формировании иммунного ответа. Иммунные реакции включаются у растений (как и у других организмов) только в ответ на попытку проникновения возбудителя. Усиление передачи сигнала о нападении является одним из способов активизации защитных свойств растений.

Проведены опыты по повышению устойчивости табака к фитотфоре. Растениям был встроены ген, кодирующий бетакриптоген

(белок размером в 98 аминокислот) под конститутивным промотером вируса 35S мозаики цветной капусты. Трансгенные растения показали повышенную устойчивость к ряду рас данного гриба (Terfer et al., 1998).

Усиление синтеза веществ, токсичных для патогенов. Один из механизмов защиты от патогенов у растений – синтез веществ, обладающих токсичностью для патогенов. Здесь имеются несколько путей: постоянный синтез веществ (когда они постоянно содержатся в тканях растения), гиперчувствительный ответ (синтез идет только при контакте с возбудителем). При этом токсичные вещества могут обладать разной избирательностью – обеспечивать защиту от одного конкретного инфицирующего агента или от ряда патогенов. Сейчас широко развернуты работы по усилению иммунитета растений путем активизации синтеза защитных веществ методами ДНК-технологий.

Так, в томаты было встроено два гена стилбенесинтетазы винограда, фермента, катализирующего синтез фитоалексина (ресвератрола), повышающего устойчивость к фитофторозу, под собственным промотером. Трансгенные растения показали повышенную на 65% устойчивость к фитофторозу по сравнению с контролем (Thomzik et al., 1997).

Устойчивость к абиотическим факторам

Развиваются методы использования ДНК-технологий и для повышения устойчивости растений к неблагоприятным абиотическим факторам. Один из наиболее опасных абиотических факторов – заморозки. Физиологические процессы акклиматизации к ним у растений регулируются рядом генов, получивших название «*cold-regulated*» (*COR*). Группой Томашова идентифицирован ген *CBF1*, который регулирует экспрессию многих *COR*-генов, являясь их «главным выключателем». Были созданы трансгенные растения арабидопсиса, у которых обеспечена гиперэкспрессия гена *CBF1*. Трансгенные растения оказались способными выдерживать резкое понижение температуры до -5°C в течение двух дней, в то время как контрольные растения погибали.

Расширяются работы по получению трансгенных культур, устойчивых к холоду. Например, при включении в растительный генном гена, регулирующего экспрессию других генов, включающихся при адаптации растения к холоду, получены трансгенные растения, которые выдерживают в течение двух суток отрицательные температуры, губительные для обычных растений.

Для растений также опасны высокие температуры: так, при +40°С гибнет большинство хозяйственно ценных культур. Н. Мурата и соавт. (1998) трансформировали арабидопсис конструкцией, содержащей ген хлориноксидазы (фермента синтеза глицинбетанина, регулирующего осмотический баланс в клетке) из *Arthrobacter globiformis*. Глицинбетанин способствует акклиматизации растений при различных стрессах, а также защищает фотосинтетические ферменты от повреждений при высокой температуре. Трансгенные растения оказались способными к прорастанию при температуре 55°С, в то время как контрольные – нет. Они также были более устойчивы к засолению и холоду. Kasuga et al. (1999) обнаружили кластер генов, участвующих в контроле ответа клеток на дегидратацию (*Dehydration Response Element*) в участке *rd29A*. Этот блок включает многие гены, индуцируемые засухой и холодом. Создана генно-инженерная конструкция из гена *DREB1A* под промотором *rd29A*. Растения, трансформированные данной конструкцией, были значительно более устойчивы к стрессовым воздействиям, чем контрольные.

До того, чтобы менять климат, человечество еще не дошло. Но путем изменения генотипа растений повысить устойчивость растений к ряду неблагоприятных абиотических факторов уже может.

Кенийские ученые вывели 10 сортов чая, устойчивых ко всем природным катаклизмам: засухе, морозу, заболеваниям и вредителям. Они могут расти в любой экологической зоне. При помощи генной инженерии ученые «клонировали» морозоустойчивые сорта. Кроме того, у новинок низкое содержание кофеина и высокое атоцинина – вещества, благотворно влияющего на организм людей, страдающих от тяжелых заболеваний, включая рак.

ГМО-растения с заданным химическим составом и структурой молекул (аминокислоты, белки, углеводы)

Качество и полезность растительных жиров зависит от сравнительного содержания пальмитиновой, стеариновой, олеиновой, линолевой и линоленовой кислот. Жиры, богатые олеиновой кислотой, стабильны к окислению, имеют лучший запах и более полезны для здоровья, тогда как жиры, богатые ненасыщенными жирными кислотами (линолевой и линоленовой), имеют менее качественные органолептические характеристики и менее стабильны. Большинство растительных жиров имеют более 50% ненасыщенных жирных кислот. В последние годы начаты работы по получению трансгенных масличных растений с измененным содержанием жирных кислот.

Трансгенные растения сои, несущие ген, кодирующий антисмысловую *омега-3-десатуразу* (катализирующую синтез линоленовой кислоты из линолевой), характеризовались пониженным содержанием линоленовой кислоты.

Трансгенные соя и рапс с геном *омега-6-десатуразы* имеют сниженное содержание линолевой и повышенное содержание олеиновой кислот.

Один из лидеров этого направления – компания «Cargene». В 1995 г. эта компания получила разрешение в США на выращивание и коммерческое использование трансгенных растений рапса с измененным жирнокислотным составом. Проводятся также исследования по созданию трансгенных растений с заданным аминокислотным составом. Так в настоящее время, клонированы гены запасных белков сои, гороха, фасоли, кукурузы, картофеля.

Человек и млекопитающие требуют наличия восьми незаменимых аминокислот в рационе. Однако ни один из широко используемых в пищу белков семян не содержит сбалансированного набора всех этих аминокислот. Белки семян злаков дефицитны по лизину и триптофану, тогда как белки бобовых дефицитны по серо-содержащим аминокислотам метионину и цистеину. Методами генетической инженерии возможно введение кодонов, кодирующих дефицитные незаменимые аминокислоты, а также другие гены, модифицирующие содержание дефицитных аминокислот.

Регулируя биосинтез аминокислот, можно изменять их содержание в белках. В растения турецкого гороха был введен ген треонин деаминазы (*TD*). *HPLC* – анализ свободных аминокислот показал повышение в несколько раз содержания треонина, метионина и лизина.

Содержание лизина и метионина у сои и кукурузы повышали путем введения генов новых запасных белков или модификацией генов, контролирующих основные этапы биосинтеза запасных белков.

При трансформации рапса генетической конструкцией, содержащей антисмысловой ген круциферина, у полученных трансгенных растений наблюдали повышение содержания лизина, метионина и цистеина.

До 80% фосфора в зерне злаков находится в форме фитиновой кислоты (фитата), которая откладывается при развитии зерна в виде фитина. При прорастании фитат освобождается под действием энзима фитазы. Однако в сухих семенах, используемых при питании человека или при скармливании их жвачным животным, происходит незначительная деградация фитина.

Для улучшения питательной ценности зерна пшеницы, кодирующий фитазу ген (*phyA*) *Aspergillus niger* был перенесен в пшеницу при микробомбардировке незрелых зародышей. Для направления транспорта чужеродного протеина в полость эндоплазматического ретикулума к 5'-концу гена *phyA* была пришта последовательность из 72 пар оснований, кодирующая сигнальную последовательность, амилазы ячменя. Используя селекцию по *bar*-гену, который стоял под промотором убиквитина кукурузы, были получены трансгенные линии пшеницы.

Наиболее простой и очевидной стратегией в улучшении качества белка пшеницы и других злаков является увеличение числа генов, кодирующих высокомолекулярные субъединицы. Это должно привести к увеличению пропорции высокомолекулярных субъединиц белка, что, в свою очередь, должно привести к увеличению эластичности. Это направление в настоящее время разрабатывается в нескольких лабораториях, имеющих подобные гены под контролем эндосперм-специфических промоторов.

Изменение содержания углеводов. Первая работа по получении трансгенных растений с измененным содержанием углеводов была опубликована в 1992 г., когда в клубнях трансгенного картофеля было повышено содержание крахмала путем суперэкспрессии *glgC* гена *Escherichia coli*.

Имеются сообщения о получении фруктан-синтезирующих трансгенных растениях табака и картофеля. Получены трансгенные растения сахарной свеклы с геном *1-sst* из артишока, кодирующим синтез 1-сахарозо: сахарозофруктозилтрансферазы – фермента, превращающего сахарозу в низкомолекулярные фруктан-полимеры фруктозы. Фруктаны являются низкокалорийными осластителями, которые имеют примерно такую же сладость, как и сахар, но не усваиваются человеком. Фруктаны стимулируют рост полезной микрофлоры кишечника. Они рекомендуются больным, страдающим инсулин-зависимым диабетом и ожирением, и могут играть роль в снижении содержания холестерина в крови.

Некоторые фруктаны, такие как инулин, находят в тканях растений, например, цикория. Однако низкое содержание этих полимеров и сложности с выделением сильно снижают их коммерческое использование. Получаемые промышленным способом в биореакторах из *Aspergillus* фруктаны имеют высокую стоимость. Ген был введен в протопласты замыкающих клеток устьиц. Запасяющие корни полученных трансгенных растений имели высокое содержание низкомолекулярных фруктанов при общем содержании сахаров и сухом весе корней на уровне контрольных растений. Экспрессия *1-sst* гена привела к превращению более 90% запасенных сахаров в фруктан.

Так как наличие фруктанов у растений коррелирует с холодо- и засухоустойчивостью, можно предполагать усиление этих признаков у полученных трансгенных растений сахарной свеклы.

Инвертаза расщепляет сахарозу до моносахаров. Трансгенные растения томата с геном кислой инвертазы в антисмысловой ориентации имели повышенное содержание сахарозы и пониженное – гексоз. При этом плоды, накапливающие сахарозу, были примерно на 30% мельче контрольных.

Глюкоза и фруктоза – одни из основных продуктов метаболизма растений, регулирующие многие биологические процессы. Первым этапом в их метаболизме является фосфорилирование гексокиназами и фруктокиназами. Изучение трансгенных растений томата с измененной активностью фосфорилирования гексоз показало, что фосфорилирующие энзимы влияют на регуляторную функцию сахаров.

Изучается возможность получения трансгенных растений, синтезирующих антигельминтные протеины, для терапии инфицированных гельминтами животных.

В самое последнее время трансгенные растения рассматриваются в качестве альтернативы микробиологическому синтезу. Они, имея низкую себестоимость, могут использоваться в производстве больших количеств антител и других белков и полипептидов. Выход антител в трансгенных растениях составляет от 1 до 5% общего содержания белка растений. Было подсчитано, что стоимость 1 кг протеина при 1%-ном содержании общего белка будет составлять приблизительно 100 долл. По подсчетам фирмы *Agracetus*, если средняя стоимость очищенных пептидов, полученных с помощью современных методов, составляет 100000 – 1 млн долл. за кг, то их стоимость при получении из трансгенных растений составит 1000 долл. за кг.

Безусловно, в настоящее время трудно сказать, какие антигены, какие «съедобные вакцины» и на основе каких растений будут получены и коммерциализованы в ближайшее время. Ясно только, что экономические выгоды от применения таких вакцин намного превысят расходы на их разработку и внедрение в промышленные условия.

Трансгенез все более широко используется для получения различных соединений, имеющих самое разнообразное практическое применение.

Описано изменение аромата, наблюдаемое у трансгенных растений. Известно, что несколько биотехнологических компаний работают над изменением окраски цветков трансгенных растений, в частности, получение голубой розы. Первым примером изменения окраски цветков растений, очевидно, является эксперимент по введению гена, кодирующего дигидрофлавонолредуктазу в бело-

цветковое растение петунии, что привело к появлению кирпично-красной окраски.

Осуществлена генетическая трансформация торении (*Torenia hybrida*). Полученные трансгенные растения не содержали вовсе или имели сниженное количество антоцианов в лепестках цветков. Их окраска варьировала у разных трансгенных растений от синей до белой. Трансформация другого сорта торении, содержащего в цветках антоцианы и каротиноиды, этими же генетическими конструкциями привела к получению растений с бледно-желтой окраской.

В последнее время, наряду с переносом в растения таких «экзотических генов», разрабатываются уже целые программы по отдельным видам сельскохозяйственных растений, направленные на изменение сразу целого комплекса полезных признаков. Так, для сахарной свеклы такая программа ставит целью изменения морфологии корня путем введения генов, изменяющих уровень эндогенных фитогормонов, и прямые манипуляции с *cdc* генами (циклин-зависимые киназы) для получения высокоурожайной сахарной свеклы, с высоким содержанием сахарозы, незагрязненным клеточным соком и слабой зависимостью от условий выращивания.

ГМО-растения – продуценты фармакологических препаратов

Среди генов, экспрессия которых в растениях считается экзотической, наиболее важными являются гены, кодирующие синтез полипептидов, имеющих медицинское значение. Очевидно, первым выполненным исследованием в этой области следует считать патент фирмы Calgene об экспрессии интерферона мыши в клетках растений. Позже был показан синтез иммуноглобулинов в листьях растений.

Трансгенные растения обладают рядом преимуществ по сравнению с культурой клеток микроорганизмов, животных и человека для производства рекомбинантных белков. Среди преимуществ трансгенных растений отметим основные: возможность широкомасштабного получения, дешевизна, легкость очистки, отсутствие примесей, имеющих аллергенное, иммуносупрессивное, канцерогенное, тератогенное и прочие воздействия на человека. Растения

могут синтезировать, гликозилировать и собирать из субъединиц белки млекопитающих. При поедании сырых овощей и фруктов, несущих гены, кодирующие синтез белков-вакцин, происходит оральная иммунизация.

Генные технологии в борьбе с загрязнением окружающей среды. Фиторемедиация

Одним из новейших направлений использования трансгенных растений является их применение для фиторемедиации – очистки почв, грунтовых вод и т. п. от загрязнителей: тяжелых металлов, радионуклидов и других вредных соединений.

Устойчивые к ртути бактерии экспрессируют ген *mer A*, кодирующий белок переноса и детоксикации ртути. Модифицированную конструкцию гена *mer A* использовали для трансформации табака, рапса, тополя, арабидопсиса. В гидропонной культуре растения с этим геном извлекали из водной среды до 80% ионов ртути. При этом рост и метаболизм трансгенных растений не подавлялись. Устойчивость к ртути передавалась в семенных поколениях.

При интродукции трех модифицированных конструкций гена *mer A* в тюльпанное дерево (*Liriodendron tulipifera*) растения одной из полученных линий характеризовались быстрым темпом роста в присутствии опасных для контрольных растений концентраций ионов ртути ($HgCl_2$). Растения этой линии поглощали и превращали в менее токсичную элементарную форму ртути и испаряли до 10 раз больше ионной ртути, чем контрольные растения. Ученые полагают, что элементарная ртуть, испаряемая трансгенными деревьями этого вида, будет тут же рассеиваться в воздухе.

Тяжелые металлы – составная часть загрязнителей земель, используемых в сельскохозяйственном производстве. В случае с кадмием известно, что большинство растений накапливают его в корнях, тогда как некоторые растения, такие как салат-латук и табак, накапливают его, в основном, в листьях. Кадмий поступает в почву, главным образом, из промышленных выбросов и как примесь в фосфорных удобрениях.

Одним из подходов к снижению поступления кадмия в организм человека и животных может быть получение трансгенных растений, накапливающих меньшее количество этого металла в листьях. Данный подход представляет ценность для тех видов растений, листья которых используют в пищу или для корма животным.

Возможно также использовать металлотионеины – небольшие богатые цистеином белки, способные связывать тяжелые металлы. Показано, что металлотионеин млекопитающих является функциональным в растениях. Получены трансгенные растения, экспрессирующие гены металлотионеинов, и показано, что эти растения были более устойчивыми к кадмию, чем контрольные.

Трансгенные растения с *hMTII* геном млекопитающих имели на 60 – 70% ниже концентрацию кадмия в стеблях по сравнению с контролем, и перенос кадмия из корней в стебли также был снижен – только 20% поглощенного кадмия было транспортировано в стебли.

Симбиотическому азотфиксатору люцерны *Rhizobium meliloti* был встроены ряд генов, осуществляющих разложение бензина, толуина и ксилена, содержащихся в горючем. Глубокая корневая система люцерны позволяет очищать почву, загрязненную нефтепродуктами, на глубину до 2 – 2,5 метров.

Таким образом, направления исследований генной инженерии очень разнообразны и обширны, а некоторые из них фантастичны и в то же время весьма перспективны по достижимости результатов.

Исследование реакции живых организмов на изменения окружающей среды чрезвычайно важно для оценки влияния этих изменений, особенно имеющих антропогенное происхождение, на биоразнообразие, сохранение которого является важнейшей задачей человеческой цивилизации.

Использование ДНК-технологий для разработки вакцин

Перспективным направлением является создание трансгенных растений, несущих гены, кодирующие синтез вакцин против различных болезней. Так, при потреблении сырых плодов и овощей, несущих такие гены, происходит вакцинация организма. Это зна-

чительно расширяет области применения таких трансгенных растений. Например, при введении гена нетоксичной субъединицы энтеротоксина холеры в растения картофеля и скармливании сырых клубней подопытным мышам в их организме образовывались антитела холеры. Очевидно, что такие съедобные вакцины могут стать эффективным, простым и недорогим методом защиты людей и обеспечения безопасности питания в целом.

Развитие в последние десятилетия ДНК-технологий совершило революцию и в деле разработки и производства новых вакцин. При помощи методов молекулярной биологии и генетической инженерии были идентифицированы антигенные детерминанты многих инфекционных агентов, клонированы гены, кодирующие соответствующие белки и, в ряде случаев, налажено производство вакцин на основе белковых субъединиц этих антигенов. Диарея, вызываемая инфекцией холерным вибрионом или энтеротоксигенной кишечной палочкой (*Escherichia coli*), является одной из опаснейших болезней с высоким процентом летального исхода, особенно для детей. Общее количество заболеваний холерой на земном шаре превышает 5 миллионов случаев ежегодно, в результате чего умирает около 200 тысяч человек. Поэтому Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) уделяет внимание профилактике заболевания диарейными инфекциями, всячески стимулируя создание разнообразных вакцин против этих заболеваний. Вспышки заболевания холерой встречаются и в нашей стране, особенно в южных регионах.

Диарейные бактериальные заболевания также широко распространены и у сельскохозяйственных животных и птицы, в первую очередь у молодняка, что является причиной больших убытков в хозяйствах в результате потери веса и смертности поголовья (Павлов и др., 1995).

Классическим примером служит производство поверхностного антигена гепатита В. Вирусный ген *HBsAg* встроен в дрожжевую плазмиду, в результате чего в дрожжах в больших количествах стал синтезироваться вирусный белок, который после очистки используется для инъекций в качестве эффективной вакцины против гепатита (Petre et al., 1992).

Многие южные страны с высоким процентом заболеваний гепатитом проводят всеобщую вакцинацию населения, включая детей, против этой болезни. К сожалению, стоимость такой вакцины относительно высока, что препятствует широкому распространению программ всеобщей вакцинации населения в странах с невысоким уровнем жизни. В связи с таким положением в начале 90-х годов ВОЗ выступила с инициативой создания новых технологий для производства недорогих вакцин против инфекционных болезней, доступных для всех стран мира.

Десять лет назад выдвинута концепция использования трансгенных растений для производства так называемых «съедобных» вакцин (*edible vaccines*). Действительно, если какой-либо съедобный орган растения будет синтезировать белок-антиген, обладающий сильными оральными иммуногенными свойствами, то при употреблении этих растений в пищу параллельно будет усваиваться и белок-антиген с выработкой соответствующих антител.

Получены растения табака, несущие ген, кодирующий антиген оболочки вируса гепатита В под растительным промотором. Наличие антигена в листьях трансгенных растений подтверждено иммуноферментным анализом. Показано сходство физико-химического строения и иммунологических свойств образующегося рекомбинантного антигена и антигена сыворотки человека.

Идентификация антител, продуцируемых в растениях, показала возможность сборки двух рекомбинантных генных продуктов в одну белковую молекулу, что невозможно в прокариотических клетках. Сборка антител происходила, когда обе цепи были синтезированы с сигнальной последовательностью. При этом, наряду с возможностью введения двух генов в одно растение, возможно также соединение индивидуальных полипептидных цепей, синтезируемых в разных трансгенных растениях, в полноценный белок при гибридизации этих двух растений. Возможно введение нескольких генов на одной плазмиде.

Трансгенные растения-продуценты аутоантигенов могут использоваться также при других аутоиммунных болезнях, таких как множественный склероз, ревматический артрит, инсулин-зависи-

мый диабет и даже отторжения при трансплантации органов. Инсулин-зависимый диабет является аутоиммунным заболеванием, при котором продуцирующие инсулин клетки поджелудочной железы разрушаются собственными цитотоксичными *T*-лимфоцитами. Оральное профилактическое потребление значительных количеств иммуногенных белков может привести к предохранению и значительной задержке появления симптомов аутоиммунных болезней. Однако оно возможно только при наличии значительного количества аутоантигенов. Белки инсулин и панкреатическая декарбоксилаза глютаминовой кислоты (*GAD65*) рассматриваются в качестве оральных вакцин для предотвращения инсулин-зависимого диабета. Недавно канадские биотехнологи получили трансгенные растения картофеля, синтезирующие панкреатическую декарбоксилазу глютаминовой кислоты. При скормливании предрасположенным к диабету мышам отмечено снижение как встречаемости диабета, так и величины аутоиммунного ответа.

Приведенные выше результаты генно-инженерных разработок убедительно свидетельствуют о возможности создания «съедобных» вакцин на основе трансгенных растений. Учитывая тот факт, что разработка вакцин для человека потребует гораздо больше времени и более тщательной проверки на безвредность для здоровья, следует ожидать, что первые съедобные вакцины будут разработаны для животных. Исследования на животных помогут раскрыть механизмы действия «съедобных» вакцин и только потом, после длительного изучения и всесторонней оценки, такие вакцины можно будет использовать в клинической практике.

Тем не менее, работы в этом направлении активно продолжают, а идея использования растений для производства вакцин уже запатентована в США, что свидетельствует о коммерческом интересе к этим разработкам.

Несмотря на столь обнадеживающие результаты, проблема создания коммерческих «съедобных» вакцин против диареи требует дальнейших исследований. В патогенезе энтеротоксической формы бактериальных и холерных диарей первичным является обеспечение возможности бактериям размножаться в тонком отделе кишеч-

ника. Этот процесс зависит от способности *Eshirichia coli* к адгезии, что обусловлено наличием на поверхности бактериальных клеток специальных нитевидных образований белковой природы – фимбрий. На стенках тонкого кишечника больных диареей обнаруживается значительно больше бактерий, чем в просвете того же участка кишечника, что связано с наличием у *Eshirichia coli* фимбриальных адгезинов – белков, обеспечивающих связывание с рецепторами на поверхности кишечного эпителия.

Даже непатогенные штаммы *Eshirichia coli*, которые содержали плазмиду, кодирующую синтез адгезина, были способны колонизировать кишечник и вызывать диарею, не вырабатывая при этом энтеротоксинов. В связи с этим вполне вероятно, что иммунности только против токсинов будет недостаточно для предотвращения патогенных эффектов, вызываемых холерным вибрионом или кишечной палочкой. Возможно, для преодоления этих эффектов в добавление к антигенам энтеротоксинов необходимо будет экспрессировать нейтрализующие эпитопы структурных антигенов, таких как липополисахариды, белки внешней мембраны бактерий или адгезинов, ассоциированных с фимбриями этих бактерий, ответственных за связывание со слизистой оболочкой кишечника. Недавно один из таких адгезинов (*FimH*) был успешно использован для иммунизации мышей против бактериальной диареи.

Еще одна важная проблема, связанная с разработкой «съедобных» вакцин – уровень экспрессии гетерологичного антигена в растениях. Поскольку при пероральном введении вакцины требуются большие количества антигена, чем при парэнтеральном, количество синтезируемого в растениях антигена, которое сейчас в вышеприведенных случаях составляет не более 0,3% общего растворимого белка, должно быть увеличено. В то же время уровень экспрессии должен быть достаточно высоким для того, чтобы вызывать иммунный ответ, но быть меньше уровня, который вызывает толерантность к антигену, как это происходит с веществами, потребляемыми с обычной пищей. А так как иммунный ответ (иммуногенность против толерантности) может быть антиген-специфичным, то уровни экспрессии для каждого потенциального антигена надо будет подбирать индивидуально.

Как показывают эксперименты, уровень экспрессии гетерологического антигена в растениях может быть увеличен путем использования тканеспецифичных промоторов и энхансеров, энхансеров транскрипции и трансляции, добавлением транспортирующих пептидов, а также путем изменения нуклеотидной последовательности соответствующих генов с использованием кодонов, предпочтительных для растений. Однако вопрос о том, какие растения лучше использовать и в каком съедобном органе лучше экспрессировать антиген, требует дальнейших исследований, так как в различных растениях могут содержаться вещества, блокирующие или замедляющие иммунный ответ или просто токсичные для человека и животных, как, например, алкалоиды в клетках табака.

ГМО для улучшения сохранности и качества плодов и овощей

Известно, что фермент полигалактуроназа приводит к размягчению плодов после их созревания. Первые попытки ингибировать процесс размягчения были связаны с внесением гена полигалактуроназы в антисмысловой ориентации. Однако эта стратегия не привела к значительному изменению процесса размягчения плодов.

Альтернативой внесению генов, ингибирующих синтез галактуроназы, является перенос генов, ингибирующих синтез этилена, который ускоряет созревание плодов и ряда овощей. Доминантный *etr-1* ген, внесенный в растения *Arabidopsis*, приводил к нечувствительности к этилену.

Получены трансгенные томаты, экспрессирующие антисмысловую мРНК к 1-аминоциклопропан-1-карбоксилатсинтазе – ключевому энзиму биосинтеза этилена. В некоторых трансгенных линиях отмечено сильное угнетение синтеза этилена. Сорванные плоды трансгенных растений никогда не созревали. Они становились со временем желто-оранжевыми, но никогда не краснели, не размягчались и не становились ароматными. При обработке трансгенных плодов этиленом они становились неотличимыми от нормально созревших плодов по плотности, окраске и аромату.

Разрабатываются также методы создания бессемянных плодов, выполненные под руководством Анжело Спена. В нормальных

растениях после оплодотворения наблюдается рост уровня содержания фитогормона ауксина, который стимулирует рост семян и формирование плода вокруг них. Спена с сотрудниками создал трансгенные растения табака и баклажанов, способные продуцировать ауксин при неоплодотворенных семенах. Для этого создана конструкция, содержащая ген, изолированный из патогенной бактерии (*Pseudomonas syringae*), который кодировал участок *IaaM*, стимулирующий синтез ауксина в тканях растений и промоторный участок *DefH9*-гена, изолированного из львиного зева и экспрессирующегося только в семяпочках. Генетическая модификация растений табака и баклажанов привела к образованию бессемянных плодов (Rotino et al., 1997).

ДНК-технологии позволяют значительно расширить список таких продуктов и использовать растения как возобновляемый и дешевый продуцент новых веществ. Количество таких веществ, продуцируемых трансгенными растениями, растет с каждым годом и в настоящее время продолжает увеличиваться быстрыми темпами.

Биореакторы

Одним из перспективных направлений ДНК-технологий растений является создание растений-биореакторов, способных продуцировать белки, необходимые в медицине, фармакологии и др. К достоинствам растений-биореакторов относится отсутствие необходимости в кормлении и содержании, относительная простота создания и размножения, высокая продуктивность. Кроме того, чужеродные белки не вызывают иммунных реакций у растений, чего трудно добиться у животных.

Ряд лабораторий разрабатывает подходы, связанные с использованием растений в качестве средства для производства оральных вакцин, что имеет огромное экономическое значение особенно для развивающихся стран в связи со значительным удешевлением их получения и отсутствием необходимости очистки в случаях переноса этих генов во фрукты и употребляемые в сыром виде овощи.

Существует потребность в получении целого набора биологически активных белков, которые из-за очень низкого уровня синте-

за в специфических тканях или продуктах недоступны для изучения по механизму действия, широкого использования или определения областей дополнительного применения. К таким белкам относится, например, лактоферрин, который находится в небольшом количестве в молоке млекопитающих, лейкоцитах крови.

Лактоферрин человека (*hLF*) перспективно использовать в качестве пищевой добавки и лечебного препарата для профилактики и лечения инфекционных заболеваний желудочно-кишечного тракта детей раннего возраста, повышения иммунного ответа организма при злокачественных и ряде вирусных (СПИД) заболеваний. Получение лактоферрина из молока крупного рогатого скота, вследствие его низкого содержания, приводит к высокой стоимости препарата. При введении кДНК-гена лактоферрина в клетки табака получен ряд каллусных тканей, синтезирующих укороченный лактоферрин, антибактериальные свойства которого были значительно сильнее антибактериальных свойств нативного лактоферрина. Концентрация этого укороченного лактоферрина в клетках табака составляла 0,6 – 2,5%.

К достоинствам растений-биореакторов относится отсутствие необходимости в кормлении и содержании, относительная простота создания и размножения, высокая продуктивность. Кроме того, чужеродные белки не вызывают иммунных реакций у растений, чего трудно добиться у животных. В геном растений встраиваются гены, продукты которых индуцируют у человека и животных иммунный ответ, например, на оболочечные белки возбудителей различных заболеваний, в частности холеры (Arakawa T. et al., 1998), гепатита, диареи (Zeitlin et al., 1999; Ma et al., 1999), а также на антигены плазматических мембран некоторых опухолей (McCormick et al., 1999). Создаются трансгенные растения, несущие гены, продуцирующие некоторые гормоны, необходимые для гормонотерапии людей и т. д.

Примером использования растений для создания вакцин являются работы, выполненные в Стенфордском университете, где были получены антитела к одной из форм рака с помощью модернизированного вируса табачной мозаики, в который был встроен гипервариабельный участок иммуноглобулина лимфомы. Растения,

зараженные модернизированным вирусом, продуцировали антитела правильной конформации в достаточном для клинического применения количестве. 80% мышей, получавших антитела, пережили лимфому, в то время, как все мыши не получавшие вакцины, погибли. Предложенный метод позволяет быстро получать специфичные для пациента антитела в достаточном для клинического применения количестве (McCormick et al., 1999).

Велики перспективы использования растений для производства антител. Кевин Уэйл с сотрудниками показал, что антитела, продуцируемые соей, эффективно защищали мышей от инфекции вирусом герпеса. В сравнении с антителами, продуцируемыми в культурах клеток млекопитающих, антитела, продуцируемые растениями, имели сходные физические свойства, оставались стабильными в человеческих клетках и не имели отличий в афинности связывать и нейтрализовать вирус (Zeitlin et al., 1998). Клинические испытания показали, что использование антител, продуцируемых табаком, эффективно препятствовало перемещению мутантных стрептококков, вызывающих кариес (Ma et al., 1998).

Было проведено создание вакцины, продуцируемой картофелем, против инсулин-зависимого диабета. В клубнях картофеля накапливался химерный белок, состоящий из субъединицы В-токсина холеры и протоинсулина. Наличие субъединицы В облегчает потребление данного продукта клетками, что делает вакцину в 100 раз более эффективной. Скармливание клубней с микрограммовыми количествами инсулина мышам, больным диабетом, позволяло затормозить прогрессирование болезни (Arakawa et al., 1998).

Основные направления коммерческого использования генетически модифицированных животных

ДНК-технология животных – это искусственная перестройка генома животных путем вмешательства в их развитие на самых ранних стадиях онтогенеза. Перестройка генома включает в себя реконструкцию эмбрионов путем клонирования, слияния или непосредственной инъекции в их ядра чужеродной ДНК. Однако получение эмбриональных клонов, химер или трансгенных животных

возможно лишь в результате успешной трансплантации реконструированного эмбриона.

Трансплантация эмбрионов

Трансплантация эмбрионов – метод ускоренного воспроизводства высокопродуктивных животных путем получения и переноса одного или нескольких эмбрионов от высокоценных животных (доноров) менее ценным животным (реципиентам). Использование трансплантации позволяет получать от одной генетически ценной самки в десятки раз больше потомства.

Технология трансплантации опирается на фундаментальные достижения в области биологии размножения животных и включает следующие приемы: 1) гормональное вызывание суперовуляции; 2) осеменение доноров семенем производителей, оцененных по качеству потомства; 3) извлечение и оценку качества эмбрионов, сохранение и пересадку или криоконсервирование эмбрионов в жидком азоте, оттаивание и пересадку.

Трансплантацию эмбрионов применяют для таких целей:

- 1) размножение генетически ценных особей; с помощью этого метода может быть решен вопрос быстрого создания высокопродуктивных линий и семейств, резистентных к болезням;
- 2) получение идентичных животных путем разделения ранних эмбрионов. Это дает возможность изучить взаимодействие генотип – среда, выяснить влияние наследственности на хозяйственно полезные признаки. Технология разделения эмбрионов позволяет одну половину полученной бластоцисты подвергнуть глубокому охлаждению, а из другой вырастить животное. Если производитель (из одной половины бластоцисты) окажется генетически ценным, то имеется возможность воспроизвести его копию через определенный промежуток времени;
- 3) сохранение мутантных генов, малых популяций и генофонда пород;
- 4) получение потомков от бесплодных, но генетически ценных по генотипу животных;

- 5) выявление вредных рецессивных генов и хромосомных аномалий;
- 6) повышение устойчивости животных к болезням;
- 7) борьба с болезнями путем замены импорта и экспорта животных на импорт и экспорт криоконсервированных эмбрионов;
- 8) акклиматизация импортных животных иностранных пород;
- 9) определение пола эмбриона и получения животных определенного пола;
- 10) межвидовые пересадки;
- 11) получение химерных животных, которые развиваются из ранних эмбрионов, сконструированных из бластомеров разных животных.

Клонирование

Клон – точная копия организма. Термин «клон» происходит от греческого «klon» и характеризует вегетативное размножение. Размножение черенками, почками или клубнями традиционно используется в растениеводстве. При вегетативном размножении, или клонировании, гены не распределяются по потомкам, как в случае полового размножения, а сохраняются в полном составе в течение многих поколений. Клоны, полученные из соматических клеток какой-либо особи (в случае клонирования растений) или путем пересадки клеточных ядер в яйцеклетки (у животных), имеют идентичный с исходным организмом набор генов и фенотипически не различаются между собой.

Можно привести простейший пример клонирования: если срезать «усы» земляники и посадить их в землю, то вырастет абсолютно идентичное материнскому (тому самому, от которого усы и отрезали) растение. Для растений и простейших животных, вроде гидры, клонирование – вещь абсолютно банальная, не способная кого-либо удивить, а тем более взволновать. Совсем иное – клонирование **животных**. Только гидры и другие беспозвоночные удастся воссоздать (регенерировать) из кусочка ткани их тела в природной среде, не создавая дополнительных особых условий. Клонирование позвоноч-

ных стало возможным благодаря появлению в эмбриологии метода пересадки ядер: из соматической клетки, например, клетки кожи или кишки, выделяют ядро и пересаживают его в яйцеклетку. Собственное ядро яйцеклетки удаляют, и тогда она будет развиваться по той программе, которая записана в пересаженном ядре.

Но наука пока не создала инкубатор, способный заменить тело матери. В «пробирке» можно только зачать младенца. Для дальнейшего его развития совершенно необходим материнский организм. Однако зародыш использует его лишь как благоприятную среду для своего развития. Генетически же новый клон полностью идентичен организму донора – организму условных «матери» или «отца», у которых и был заимствован генный материал. Из какого-либо материнского организма берут яйцеклетку – это раз. Затем под микроскопом из нее удаляют ядро – это два, и на его место пересаживают ядро из клетки ткани (соматической клетки) клонируемого организма (донора) – это три. После того как донорское ядро начинает делиться, эту прооперированную комбинированную яйцеклетку пересаживают (четвертая операция) в матку какого-нибудь животного требуемого вида, где в дальнейшем и развивается зародыш будущего двойника-клона. Как видим, вместо нормального природного процесса оплодотворения, когда сливаются хромосомы отца и матери, когда новый организм берет начало от двух клеток, мужской и женской, когда точно неизвестно, что из этого акта в результате получится, какая смесь генов, какой организм, при клонировании идет словно бы процесс генной «штамповки». Из отдельной клетки любого животного можно воссоздать его, животного, точную копию – одну, вторую, третью. Это повтор того, что уже было достигнуто Природой прежде, генетическое копирование исходного образца. Есть и другой способ, когда ядро не пересаживают, а сливают с половой клеткой посредством электростимуляции – именно так получили знаменитую овечку Долли. Так обстоит дело с животными. Если же теперь обратиться к клонированию человека, то этот процесс в основных своих чертах не будет отличаться от аналогичных опытов с мышами, овцами и коровами. Однако одно дело – генные эксперименты по клонированию с животными, совсем иное –

с «венцом творения», человеком! Здесь сразу возникает огромное число нравственных, моральных, этических и иных проблем.

Эволюция создала огромное разнообразие видов животных и растений с уникальным видоспецифическим спектром адаптивных и полезных признаков, которые обеспечивают их существование. К сожалению, соединить уникальные признаки различных видов в одном организме невозможно по причине существования между видами репродуктивного барьера. Если этот барьер преодолеть, то потомство гибридов, как правило, фертильно. Однако наличие в мифологии Пегаса, Кентавра, сфинкса, химер и т. д. свидетельствует либо об уникальных представлениях человечества, либо о возможных уникальных попытках наших предков. Работы последних десятилетий преодолели механизмы репродуктивной изоляции видов, которые сложились эволюционно. Прежде всего, это работы по трансгенезу. Они показали, что внесение чужеродного генетического материала, который кодирует хозяйственно полезные признаки, в геном вида, которому такие признаки не присущи, возможно. Однако количество трансгенных животных крайне ограничено, поскольку существуют методические сложности их получения. Особенно привлекательной для быстрого получения необходимого количества трансгенных животных с уникальной генной конструкцией является технология клонирования.

На протяжении тысячелетий разведения животных воображение человека не раз поражали редко возникающие, исключительные, выдающиеся по хозяйственной ценности животные – быстрходные лошади, коровы с высокими удоями, овцы с большим настригом шерсти, ценные мутанты в пушном звероводстве и т. д. Человеку не однажды приходила в голову мысль сделать таких удивительных животных «бессмертными» путем воспроизводства их в следующих поколениях в виде совершенно идентичных копий. Однако рекордисты не оставляли после себя потомство, каждый член которого был бы полностью идентичен хотя бы одному из своих родителей, точно так же, как и его самого не повторял ни один из потомков последующих поколений.

Воспроизводство организмов, полностью повторяющих уникальную по продуктивности особь, возможно только в том случае,

если генетическая информация матери будет без каких-либо изменений передана дочерям. Но при естественном половом размножении этому препятствует мейоз. В ходе его незрелая яйцеклетка, имеющая удвоенную ДНК диплоидного набора хромосом – носитель наследственной информации – делится дважды, и в результате возникают четыре гаплоидные клетки. Три из них дегенерируют, а четвертая – с большим запасом питательных веществ – становится собственно яйцеклеткой. У млекопитающих она в силу гаплоидности не может развиваться в новый организм. Для этого необходимо оплодотворение – слияние ее с гаплоидным сперматозоидом. Организм, развивающийся из оплодотворенной яйцеклетки, приобретает признаки, которые определяются взаимодействием материнской и отцовской наследственности. Следовательно, при половом размножении мать не может быть повторена в потомстве. Каким же образом заставить клетку развиваться только с материнским диплоидным набором хромосом? Единственное решение этой трудной биологической проблемы – клонирование.

В 1952 г. Р. Бриггс и Т. Кинг разработали метод пересадки ядер соматических клеток зародышей в энуклеированные яйцеклетки лягушек. Дж. Гёрдон в 1962 г. усовершенствовал технику пересадки. Он разрушал ядра яйцеклеток лягушки ультрафиолетовыми лучами, затем в каждое из яиц вводил ядро из дифференцированной клетки кишечного эпителия плавающего головастика. В ряде случаев такие ядра вызвали развитие генетически идентичных эмбрионов и взрослых лягушек. Впервые были получены истинные клоны позвоночных животных. Затем был использован метод культивирования *in vitro* клеток кожи взрослых лягушек. Пересадка ядер из таких клеток привела к получению генетических клонов головастиков, но вероятность успеха при трансплантации ядер из клеток кожи взрослых лягушек очень мала. При использовании ядер соматических клеток взрослых животных развитие клонов ограничивалось стадией головастиков. Ядра взрослых организмов и даже поздних эмбрионов по каким-то причинам утрачивают свои потенции. В последние годы установлено, что в ядрах эритроцитов взрослых амфибий имеются гены, контролирующие развитие эмбриона до

стадии головастика, включение таких ядер в цитоплазму ооцитов ведет к реактивации репрессированных участков генома.

Поначалу большого прогресса в клонировании млекопитающих не было. К большому сожалению ученых. Ведь умение клонировать млекопитающих пришлось бы людям очень кстати. Так можно было бы тиражировать, получать множество точных копий, скажем, высокопродуктивных коров. Коров-рекордсменок. Или овец-мериносов, с необыкновенно мягкой и обильной шерстью. Или скаковых лошадей-чемпионов. Почему трудно клонировать млекопитающих? Причин несколько. Специалисты сетуют, что-де яйцеклетки млекопитающих намного меньше по размеру, чем у лягушки, потому и экспериментировать с ними труднее. Учесть надо еще и то, что развитие лягушек происходит вне организма – на водной поверхности болот, прудов и озер, в то время как полученный в пробирке эмбрион млекопитающих (той же коровы) может нормально развиваться лишь в материнском организме. Но ученые полагали (и не ошиблись), что все эти препятствия временные, что рано или поздно образцовые породы млекопитающих можно будет распространять по всему свету.

В последнее время разработан метод пересадки ядер, сочетающий приемы микрохирургии и технику слияния клеточных фрагментов, проведены опыты по трансплантации ядер у овец и крупного рогатого скота.

Несмотря на сложность проведения работ по трансплантации ядер соматических клеток в энуклеированную зиготу, проблема эта является актуальной, так как открывает возможности копирования выдающихся по продуктивности животных и создания стад с высоким генетическим потенциалом.

Клоны можно также получить путем разделения эмбрионов на ранней стадии развития. Установлено, что, если количество клеток эмбриона (бластомеров) не превышает 16, они еще не дифференцированы. Это позволяет разъединять эмбрионы (бластулы) на два и большее число и получать однояйцевых близнецов. К настоящему

времени получены монозиготные близнецы телят, жеребят, ягнят и поросят. В перспективе предполагается, что обеспечение оптимальных условий для культивирования ранних эмбрионов *in vitro* создаст возможность выращивать половинки эмбрионов с последующим неоднократным их разделением, что позволит в значительной степени увеличить число годных для трансплантации зародышей, происходящих от одного эмбриона, и получить более многочисленные клоны эмбрионов у сельскохозяйственных животных, что будет способствовать более успешной их селекции.

Научное направление клонирования имеет два различных аспекта, оба они представлены в настоящем разделе. Один – клонирование эмбриональных клеток, второй – появление живых существ из соматических клеток взрослого организма. Получение клонов позвоночных путем разделения ранних эмбрионов на отдельные клетки-бластомеры (по сути, получение однойцевых близнецов) и выращивание из них взрослых организмов – это научные достижения начала 70-х годов XX века.

Клонирование с использованием трансплантации ядер эмбриональных клеток в яйцеклетки стало возможным в конце 80-х – начале 90-х.

Пересадка ядер из соматических клеток в энуклеированную яйцеклетку сельскохозяйственных животных может осуществляться с помощью микроманипуляций или путем слияния клеток. Последний метод основан на принципе гибридизации клеток в культуре, когда при совместном культивировании клеток они сливаются, образуя гибриды, содержащие геномы исходных клеток. Для интенсификации слияния клеток используют полиэтиленгликоль или инактивированный вирус Сендай, который при слиянии клеток повреждает их в наименьшей степени. В настоящее время проведены результативные эксперименты по слиянию яйцеклеток с яйцеклетками, яйцеклеток с соматическими клетками. Учитывая, что эти два главных метода пересадки ядер имеют свои достоинства и недостатки, их используют в комбинации. В этом случае разрез оболочки яйцеклетки и трансплантацию ядер производят микрохирур-

гией, а слияние безъядерных фрагментов с ядром донора – с помощью инактивированного вируса Сендай.

Для выведения улучшенных пород домашних животных и птиц (коров с более высокой удойностью, овец с качественной шерстью, кур с более высокой яйценоскостью и т. д.) проводят множество раундов скрещиваний и отбора, каждый раз используя в качестве производителей животных с наилучшими характеристиками. В результате со временем можно получать более или менее чистые линии высокопродуктивных пород животных. Стратегия скрещивания и отбора, требующая больших временных и материальных затрат, оказалась тем не менее исключительно успешной, и сегодня почти все аспекты биологических основ выведения новых пород домашнего скота могут быть к ней сведены. Однако после того как эффективная генетическая линия получена, вводить новые признаки методом скрещивания и отбора становится все труднее. Так, линия с новым «ценным» геном может нести также и «вредные» гены, вследствие чего потомки могут оказаться менее продуктивными. Чтобы быть уверенными в том, что новая, улучшенная, линия сохранит исходные полезные признаки и приобретет новые, необходимо разработать абсолютно новую стратегию.

Успешные эксперименты по введению чужеродных генов в клетки млекопитающих и возможность создания генетически идентичных животных путем переноса ядра из эмбриональной клетки в яйцеклетку с удаленным ядром (перенос ядра, клонирование) позволили включить в хромосомную ДНК высших животных отдельные функциональные гены или целые их кластеры. Используемая стратегия состоит в следующем:

- клонированный ген вводят в ядро оплодотворенной яйцеклетки;
- инокулированные оплодотворенные яйцеклетки имплантируют в реципиентную женскую особь (поскольку успешное завершение развития эмбриона млекопитающих в иных условиях невозможно);

- отбирают потомков развившихся из имплантированных яйцеклеток, которые содержат клонированный ген во всех клетках;
- скрещивают животных, которые несут клонированный ген в клетках зародышевой линии, и получают новую генетическую линию.

Такой подход имеет много практических приложений. Например, если продукт вводимого гена стимулирует рост, то трансфицированные животные будут расти быстрее при меньшем количестве пищи. Повышение эффективности усвоения пищи всего на несколько процентов может существенно снизить стоимость конечного продукта (говядины, свинины и т. д.).

Идея генетического изменения животных путем введения генов в оплодотворенные яйцеклетки была реализована на практике в 80-е годы XX века. Как и во многих других новых областях науки, для упрощения обмена информацией между учеными был введен ряд новых терминов. Так, животное, чей генотип был изменен путем введения чужеродной (экзогенной) ДНК, было названо трансгенным, вводимая ДНК – трансгеном, а весь процесс – трансгенной технологией, или трансгенозом.

Эксперименты по генетической модификации многоклеточных организмов путем введения в них трансгенов требует много времени. Тем не менее трансгеноз стал мощным инструментом для исследования молекулярных основ экспрессии генов млекопитающих и их развития, для создания модельных систем, позволяющих изучать болезни человека, а также для генетической модификации клеток молочных желез животных с целью получения с молоком важных для медицины белков. Был даже предложен новый термин «фарминг», относящийся к процессу получения из молока трансгенных домашних («pharm») животных аутентических белков человека или фармацевтических препаратов. Использование молока целесообразно потому, что оно образуется в организме животного в большом количестве и его можно надаивать по мере надобности без вреда для животного. Вырабатываемый молочной железой и секретлируемый в молоко новый белок не должен при этом оказывать никаких побочных эффектов на нормальные физиологические про-

цессы, протекающие в организме трансгенного животного, и подвергаться посттрансляционным изменениям, которые, по крайней мере, близки к таковым в клетках человека. Кроме того, его выделение из молока, которое содержит и другие белки, не должно составлять большого труда.

После шумного успеха овцы Долли продолжились работы по клонированию других видов.

Клонирование коз производилось по протоколу, подобному тому, который использовался при клонировании овец. Для пересадки в энуклеированные ооциты использовались ядра фетальных соматических клеточных линий. Из выношенных суррогатной матерью реконструированных эмбрионов удалось получить три живых козленка. Всего было реконструировано 230 эмбрионов, т. е. уровень успешности составил 1,3%, что сравнимо с этим показателем у овец, коров и мышей. Интересный аспект данной работы заключался в том, что для создания фетальных клеточных линий использовались клетки генетически модифицированного животного, имевшего трансген, обеспечивающий синтез человеческого антитромбина 3. Все три полученные клона, естественно, были женского пола. У одной из них была гормонально вызвана лактация. Оказалось, что она выделяет 3,7 – 5,8 грамм антитромбина 3 на литр молока. Это сравнимо с продуктивностью трансгенных коз, полученных другим путем.

Замедление процесса естественного старения клеток человеческого организма, впервые осуществленное в лабораторных условиях с применением энзима под названием теломераза, стало прорывом в исследовании механизма воздействия времени на биологические ткани.

Открыто около 30 рецессивных и 100 доминантных онкогенов, которые определяют развитие тех или иных опухолей. Обнаружены аномалии хромосом, которые приводят к развитию рака. Следует ожидать важных открытий, связанных с защитными механизмами, с пониманием различных психических заболеваний.

Существенным продвижением вперед было клонирование мышей группой ученых из Гонолулу, о котором было сообщено в декабре 2000 г. Это сообщение так и осталось не замеченным широкой

публикой. На этот раз животные были клонированы не из соматических, то есть уже взрослых, развившихся в определенный вид ткани, клеток, а из стволовых. Стволовые – это клетки эмбриона, никаких пока мутаций с ними еще не произошло, поэтому клон из них получается стопроцентный. Главное же здесь то, что культуры стволовых клеток в течение многих лет выращиваются в нескольких лабораториях мира и сегодня представляют собой стандартный объект для многих исследований. Именно ими воспользовались ученые из Гонолулу. Использование стволовых клеток позволяет другому исследователю поставить проверочный эксперимент и получить тот же результат. То есть обеспечивает повторяемость результатов, а именно это делает их действительно научными.

Почему так привлекательно исследовать именно эмбрионы? Потому что мы получаем возможность ответить на массу фундаментальных вопросов: каков механизм создания разных тканей, как формируются органы? Возможно, даже подойдем к решению вопросов, связанных с неправильным делением клеток, то есть найдем подход к лечению онкологических болезней.

При этом очень важно уяснить, что имеется несколько разновидностей лечения клеточными суспензиями. В ряде случаев они применяются без задачи обеспечить выживание и размножение введенных клеток. Например, для стимуляции заживления операционной раны с применением животного материала. В этих случаях речь не идет о трансплантации, положительные эффекты достигаются за счет эффекта стимуляции вводимыми биологически активными веществами.

Еще один способ введения рекомбинантных генов в клетки зародышевой линии животных, при котором используют *плюрипотентные* (дифференцирующиеся по разным направлениям) эмбриональные стволовые клеточные линии (ЭСК), предшественники которых были взяты из бластоцисты зародышей мышей. В такие клетки вводят рекомбинантные гены вместе с селективируемыми маркерами, которые позволяют проводить отбор клеток, экспрессирующих данные маркеры и, следовательно, гарантированно содержащих сцепленные с ними изучаемые гены. Отобранные таким

образом клетки переносят в бластоцисты развивающихся эмбрионов или используют для получения агрегационных химер путем их объединения с клетками восьмиклеточных эмбрионов, с последующей подсадкой эмбрионов псевдобеременным самкам.

Еще одним способом получения трансгенных млекопитающих является использование трансформированных генными конструкциями клеточных линий. Преимуществом получения трансгенных животных с помощью трансформированных стволовых клеток является возможность тестирования интеграции трансгена в культуре клеток.

В биологии химерными организмами (химерами), или аллофенными организмами, называются те, которые построены из клеток, полученных из двух или более организмов, имеющих генетические различия. Этот термин чаще всего используют для особей, полученных путем объединения в одном предимплантационном эмбрионе эмбрионов разного происхождения. Химерной особью считается также пациент, которому пересажен костный мозг.

Понятие «химера» означает «составное животное». Сущность метода получения химер заключается в искусственном объединении эмбриональных клеток двух и более животных. Животные могут быть как одной, так и разных пород, и даже разных видов. Современная микрохирургия позволяет получать химеры, имеющие 3 – 4 и более родителей. Химеры обладают признаками разных генотипов.

Получение химер представляет большой интерес для практики животноводства. Таким путем можно получить животных с более высокой резистентностью к ряду болезней и с признаками, которые обычно плохо сочетаются в одном организме.

Трансгенные животные

Животных, в геном которых интегрируют чужеродные гены, называют трансгенными. В ряде экспериментов было установлено, что мыши, развивающиеся из зиготы, в которую была введена чужеродная ДНК, содержат в своем геноме фрагменты этой ДНК, а иногда у них происходит и экспрессия чужеродных генов. В 1980 г. Дж. Гордон с сотрудниками впервые показали возможность транс-

формации мышцы путем введения в пронуклеус оплодотворенной яйцеклетки мышцы рекомбинантных молекул, содержащих ген тимидинкиназы (ген *ТК*) вируса герпеса. Лучшие результаты были получены при микроинъекции рекомбинантной ДНК в мужской, более крупный, пронуклеус. Метод микроинъекции чужеродной ДНК в мужской пронуклеус зиготы используется в настоящее время у всех млекопитающих, включая сельскохозяйственных животных. Созданы линии трансгенных мышей, которые различались между собой структурой чужеродной ДНК. Мышам были введены гены: гемоглобина кролика, человека, лейкоцитарного интерферона человека, гормона роста крысы и человека. Особого внимания заслуживает опыт Пальмитера и сотрудники, в котором осуществлена пересадка мышам гена гормона роста крысы. В этом случае промотор бактерий был непригоден. Для микроинъекции была создана рекомбинантная ДНК, состоящая из соединенных фрагментов различных генов: промоторной части гена – металлотионеина МТ-1 мышцы и структурной части – гена гормона роста крысы, в котором собственные промотор и инициатор были удалены. В зиготы мышши инъецировали по 600 копий рекомбинантной ДНК. Получен 21 потомок. У семи мышшей был обнаружен чужеродный ген – ген гормона роста крысы. Живая масса трансгенных мышат была почти в два раза больше, чем у контрольных. Таких трансгенных животных назвали супермышами. В среднем у трансгенных мышшей интегрируется 25 – 30% копий введенной ДНК.

Успешные опыты с мышами способствовали проведению работ по получению трансгенных кроликов и сельскохозяйственных животных. Схема получения трансгенных животных в основном такая же, как при работе с мышами. Она состоит из следующих этапов: 1) выбор, получение и клонирование чужеродного гена; 2) получение зигот и выявление пронуклеусов; 3) микроинъекция определенного числа копий генов в видимый пронуклеус; 4) трансплантация зиготы в половые пути гормонально подготовленной самки; 5) оценка родившихся животных по генотипу: интеграция чужеродной ДНК, экспрессия ДНК, влияние на признак (например, высокая интенсивность роста), установление наследования гена.

Трансгенные кролики были получены Р. Хаммером и Г. Бремом с сотр. Они производили микроинъекцию в пронуклеусы кроликов гена гормона роста человека. Получены трансгенные свиньи на основе инъекции в зиготы гена гормона роста крупного рогатого скота.

В порядке совершенствования процесса трансгеноза разрабатывается метод оплодотворения яйцеклеток *in vitro* с помощью микроинъекции одного сперматозоида с включенной в него чужеродной ДНК. В перспективе предполагается получение трансгенных животных для производства новых продуктов, которые можно будет производить в промышленном масштабе, если они будут полезны с медицинской точки зрения. С этой целью будет использоваться рекомбинантная ДНК, с помощью которой от трансгенных животных будут получать, например, из коровьего молока, крови или печени, такие белки, как инсулин человека, интерферон и гормоны. Разрабатывается биотехнология производства фактора свертывания крови из молока трансгенных овец. Предполагается, что фактор свертываемости, необходимый для лечения гемофилии, будет синтезироваться в клетках молочной железы овец и переходить в молоко.

Внедрение современных биотехнологий – гибридизации соматических клеток, клеточной и генной инженерии в сочетании с эмбриогенетической инженерией – определяет новые подходы в деле создания более устойчивых к болезням высокопродуктивных пород животных с признаками, которых не было у исходных пород или они были слабо выражены. Открываются новые перспективы для получения лекарственных веществ: гормонов, вакцин, аминокислот, витаминов и т. д. Синтез генов и совершенствование методов их введения позволяют ввести в клетку на место поврежденных генов нормальные гомологи, что обеспечит лечение наследственных болезней. Широкое распространение получают способы нейтрализации действия вредных генов с помощью введения репрессоров.

Трансгенные лабораторные животные (мыши) могут быть модельными системами для изучения болезней человека и тест-системами для исследования возможности синтеза продуктов, представляющих интерес для медицины, например, болезнь Альцгеймера. Пока о патогенезе болезни Альцгеймера мало что известно, но есть

надежда, что животные модели помогут ответить на некоторые важные вопросы о ее молекулярных основах. В США эта болезнь поражает ежегодно около 4 млн человек, и наносимый ею ущерб составляет порядка 100 млрд долларов.

Используя животных, можно моделировать и возникновение патологий, и их развитие. Однако мышь – не человек, хотя она тоже относится к классу млекопитающих, поэтому данные, полученные на трансгенных моделях, не всегда можно экстраполировать на человека в том, что касается медицинских аспектов. Тем не менее в некоторых случаях они позволяют выявить ключевые моменты этиологии сложной болезни. Принимая во внимание все это, ученые разработали «мышинные» модели таких генетических болезней человека как болезнь Альцгеймера, артрит, мышечная дистрофия, образование опухолей разного гистогенеза, гипертония, нейродегенеративные нарушения, дисфункция эндокринной системы, сердечно-сосудистые заболевания и многие другие.

Если предполагается использовать молочную железу в качестве «биореактора», то наиболее предпочтительным животным для трансгеноза является крупный рогатый скот, который ежегодно дает до 10000 л молока, содержащего примерно 35 г белка на 1 л. Если в молоке будет содержаться такое количество рекомбинантного белка и эффективность его очистки составит 50%, то от 20 трансгенных коров можно будет получать примерно 100 кг такого белка в год. Именно столько белка *C*, использующегося для предотвращения тромбообразования, требуется ежегодно. С другой стороны, одной трансгенной коровы будет более чем достаточно для получения требуемого ежегодно количества фактора IX (фактора Кристмаса) каскадного механизма свертывания крови, который вводят больным гемофилией для повышения свертываемости крови.

Одна из целей трансгеноза крупного рогатого скота – изменение содержания в молоке различных компонентов. Так, количество сыра, получаемого из молока, прямо пропорционально содержанию в нем каппа-казеина, поэтому весьма перспективным представляется увеличение количества синтезируемого каппа-казеина с помощью гиперэкспрессии трансгена этого белка. Далее, если обеспечить экс-

прессию гена лактазы в клетках молочной железы, то можно будет получать молоко, не содержащее лактозы. Такое молоко незаменимо для многих людей, не переносящих лактозу: после приема молока или молочных продуктов у них возникает серьезное желудочное расстройство. Трансгенез крупного рогатого скота – это весьма перспективный подход, но создание большого числа трансгенных животных потребует времени, ведь для того чтобы вырастить половозрелое животное из оплодотворенной яйцеклетки, нужно примерно два года.

Весьма актуально создание домашних животных с наследственной устойчивостью к бактериальным и вирусным инфекциям и паразитарным инвазиям. Известно о существовании пород с наследственной устойчивостью к бактериальным инфекционным заболеваниям – маститу (коровы), дизентерии (новорожденные поросята), холере (домашняя птица). Если в основе устойчивости к каждой из этих болезней лежит один ген, можно попытаться создать несущих его трансгенных животных. В настоящее время для борьбы с инфекционными заболеваниями домашних животных используют прививки и лекарственные препараты. Заболевших животных изолируют, за здоровыми ведут тщательное наблюдение. Стоимость всех этих мероприятий может достигать 20% общей стоимости конечной продукции.

Для выведения линий животных, устойчивых к возбудителям инфекции, можно использовать другой подход, заключающийся в создании путем трансгеноза наследуемых иммунологических механизмов. С этой точки зрения рассматривают самые разные гены, ответственные за работу иммунной системы: гены основного комплекса гистосовместимости, *T*-клеточных рецепторов, лимфокинов. Наиболее обнадеживающими на настоящее время являются предварительные результаты, полученные при введении мышам, кроликам и свиньям генов, кодирующих *H*- и *L*-цепи какого-либо моноклонального антитела. Идея этого подхода заключается в том, чтобы снабдить трансгенное животное наследуемым механизмом защиты, позволяющим обойтись без иммунизации с помощью прививок.

Опыты по трансгенезу (в случае овец и коз) в основном были направлены на превращение молочных желез этих животных в своеобразные биореакторы для получения белковых продуктов, используемых в медицине. Несмотря на то, что надои у овец и коз меньше, чем у коров, за год они дают сотни литров молока. Были созданы трансгенные овца и коза, в молоко которых секретировались белки человека. Они обладали активностью, близкой к таковой соответствующих белков, получаемых от человека. Однако, чтобы убедиться в полной эквивалентности этих белков, нужны дополнительные исследования. Функционирование трансгенов в клетках молочных желез овец и коз не оказывало никаких побочных действий ни на самок в период лактации, ни на вскармливаемое потомство. В отличие от этого при введении свиньям трансгена бычьего гормона роста неблагоприятные эффекты наблюдались. Количество гормона у разных особей в группе трансгенных свиней различалось, однако в целом вся эта группа быстрее прибавляла в весе. К сожалению, этот положительный результат частично обесценивался различными патологиями: у животных отмечались язва желудка, почечная недостаточность, хромота, воспаление перикарда, уменьшение подвижности суставов, предрасположенность к пневмонии. Причины этих симптомов неизвестны. Возможно, они связаны с долговременным присутствием в организме избытка гормона роста. Положительные результаты были получены и в ходе экспериментов с трансгенными свиньями.

В последнее время большое внимание уделяется вопросу использования органов животных для трансплантации человеку. Основная проблема межвидовой трансплантации – гиперострое отторжение, влекущее за собой связывание антител организма хозяина с углеводной антигенной детерминантой на поверхности клеток пересаженного органа. Связавшиеся антитела вызывают острую воспалительную реакцию (активацию каскада комплемента), происходит массовая гибель несущих антитела клеток и быстрая потеря пересаженного органа.

В естественных условиях воспалительная реакция блокируется особыми белками на поверхности клеток, выстилающих стенки кровеносных сосудов. Эти белки у каждого биологического вида свои.

Было высказано предположение, что если бы животное-донор несло один или несколько генов человеческого белка, ингибирующего комплемент, то пересаженный орган был бы защищен от первичной воспалительной реакции. С этой целью были получены трансгенные свиньи, несущие различные человеческие гены ингибитора комплемента. Клетки одного из этих животных оказались совершенно нечувствительными к компонентам системы каскада комплемента. Предварительные эксперименты по пересадке органов трансгенных свиней приматам показали, что ткани пересаженного органа повреждаются слабее, а сам орган не отторгается немного дольше. Возможно, трансгенные свиньи, несущие человеческий ген ингибитора комплемента и лишённые основного поверхностного белка клеток свиней, который вызывает острейшее отторжение, будут служить источником органов для трансплантации человеку.

Трансгенных цыплят можно использовать для улучшения генотипа уже существующих пород – для придания им (*in vivo*) устойчивости к вирусным инфекциям и заболеваниям, вызываемым кокцидиями, повышения эффективности усвоения пищи, снижения уровня жира и холестерина в яйцах, повышения качества мяса. Было предложено также использовать яйцо с его высоким содержанием белка в качестве источника белковых продуктов, используемых в фармацевтической промышленности. Экспрессия трансгена в клетках репродуктивного пути курицы, где обычно секретируется большое количество овальбумина, может способствовать накоплению соответствующего белкового продукта в яйце, откуда его можно затем выделить.

По мере истощения природных рыбных запасов все большую роль будет приобретать разведение рыбы в искусственных условиях. Основная цель исследований в этой области – создание рекомбинантных рыб путем трансгеноза.

ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ОРГАНИЗМЫ КАК ИСТОЧНИК РИСКА. ТРЕВОГИ ОБОСНОВАННЫЕ И МНИМЫЕ

Мир, в котором мы живем в начале XXI века, называют по-разному: «информационное общество», «постиндустриальный мир», «технотронная цивилизация», «постчеловеческая эра» и т. д. А недавно в среде философов и социологов возникло еще одно определение – «общество риска».

Да, человечество все чаще идет на риск – вынужденный – заменяя тепловые электростанции атомными, органические удобрения – химическими, лук и чеснок антибиотиками и т. д. По мере исчерпания старых возможностей, всего того, что уже не работает в данном пространстве и в данном времени с n числом условных измерений, человек поневоле должен сделать еще один шаг вперед – перейти в пространство $n + 1$ -го числа, опять же условных, измерений. Человеко-корамерность (человеческий фактор) – необходимый элемент жизни человечества, размерность мира непрерывно возрастает, растет и количество новых опасных рисков. Кончатся нефть, газ, требуется создание принципиально новых видов топлива и т. д.

Биотехнология – это тоже необходимая группа риска. Генетически модифицированный организм может размножаться, обмениваясь генетическим материалом, вызывая неожиданные эффекты. Вот конкретный пример – соя. Биотехнологи сделали ее устойчивой к гербициду «глифосфату». Теперь фермеры могут применять этот гербицид без ущерба для урожая бобов. Результат? Урожай спасен, но все растения вокруг, включая и дикую флору, могут быть уничтожены. Почва и вода отравлены.

Это лишь один пример. А ведь **57 процентов исследований в биотехнологии как раз и направлены на создание устойчивых к гербицидам растений. Результатом этого стало трехкратное увеличение количества применяемых гербицидов.**

О гербицидах стоило бы завести отдельный большой разговор. XXI век – век глобализации. Во всем. Считается, что «глобальному» человеку требуется и «глобализированная» пища. И ее уже производят из генетически модифицированных растений (ГМ), но они уже одним своим существованием способствуют уменьшению на Земле пестицидов. Пестициды в корне изменили вековые устои земледелия, благодаря им накормлены миллиарды голодных. Последние пятьдесят лет можно считать эпохой глобальной ядохимизации. Полвека мир расколот надвое. Одни считают пестициды величайшим злом, способным в конце концов убить природу и человека, другие, наоборот, – чудодейственным лекарством для растений. Создалась странная ситуация. Сотни миллионов людей во всем мире, садящихся за руль авто, обязаны хотя бы «на удовлетворительно» знать его теорию и устройство, не говоря уже о правилах безопасности. В то же время большинство людей, которые применяют пестициды в полях, садах и огородах, в лучшем случае что-то там слышали про норму расхода препарата на гектар. Хотя неизвестно, что опаснее – автомобиль или пестициды. Ведь любое лекарство становится ядом, когда его доза превышает медицинскую норму в несколько раз. Поэтому широкое внедрение в практику земледелия ядохимизации может в скором времени обернуться для земель катастрофой.

Сигналы тревоги поступают отовсюду, однако посулы биотехнологии столь велики, что отказаться от их соблазна очень трудно. В США создали и ускоренно внедряют генетически модифицированные сорта зерновых, устойчивые к болезням и засухе, к тому же – вдвое более урожайные. Семенной фонд страны в 1999 г. почти на 40 процентов состоял из такого «суперзерна» (генетически измененной кукурузы). Но возникли проблемы.

В 1996 – 2003 гг. в средствах массовой информации появился ряд тревожных публикаций о трансгенных организмах. Пищевая и экологическая безопасность каждого нового генно-модифицированного растения и продуктов на его основе привлекает внимание общественности в связи с широким освещением данной проблемы телевидением и прессой, а также в результате акций таких обще-

ственных организаций, как Гринпис (*Green Peace*), «Друзья Земли» (*Friends of the Earth*) и др. В 1996 г. была принята Резолюция о защите диетических прав американских евреев, в которой подчеркивается, что «искусственная передача генетического материала между видами, в природе не скрещиваемых, является серьезным нарушением божьего закона... Поскольку большинство видов насекомых и животных – некошерны, то таким же будет большинство продовольственных товаров из трансгенных растений». Это положение является в основном причиной формирования отрицательного мнения у религиозной еврейской общественности. Вместе с тем у различных религиозных конфессий отсутствует единое мнение на этот счет.

Следует отметить, что реакция на продукты из генетически модифицированных источников пищи является различной в США и Европе. Потребители в США выражают в основном позитивное отношение к геной инженерии. *В ходе национального социологического опроса, проведенного Международным Советом по информации в области продовольствия в 1999 г., показано, что около 75% американцев рассматривают применение биотехнологии как большой успех общества, особенно в последние 5 лет, а 44% европейцев – как серьезный риск для здоровья. При этом 62% американцев готовы купить генетически модифицированный продукт, обладающий большей свежестью или улучшенным вкусом; на этот же шаг готовы только 22% европейцев. Противники технологии рекомбинантной ДНК, составившие 30% в Европе и 13% в США, считают, что данная технология является не только рискованной, но морально неприемлемой.*

В любой новой отрасли науки возникает множество вопросов, начинающихся со слов «а что если?». Но история не раз доказывала, что в том и состоит одна из главных задач любой науки – чтобы объяснить достоинства и недостатки, а биологической науки – обеспечить безопасность продуктов при их широком использовании в производстве. Для положительной оценки достижений геной инженерии необходимо, чтобы научные учреждения активнее информировали общественность и население о волнующих их аспек-

тах биотехнологии, отвечали на возникающие вопросы и рассеивали сомнения потребителей по вопросам пищевой и экологической безопасности.

Следует также отметить, что, хотя конкретных примеров серьезной экологической опасности трансгенных сортов и гибридов в природной среде не выявлено, их потенциальная опасность не подвергается сомнению. Прогнозы строятся пока не на фактических данных, а на основании общебиологических закономерностей, вытекающих из положений генетики популяций и т. д. Они дают возможность выявить вероятные механизмы отрицательных последствий широкого распространения генетически модифицированных растений и оценить потенциальные риски для окружающей среды и здоровья человека.

Риск – вероятность осуществления нежелательного воздействия генно-инженерно-модифицированного организма на окружающую среду, сохранение и устойчивое использование биологического разнообразия, включая здоровье человека, вследствие передачи генов.

Знание потенциальных рисков применения генетически модифицированных источников пищи обуславливает возможность их исключения либо снижения отрицательного воздействия.

Все понимают, что следующим шагом для прикладной генетики могут стать эксперименты на человеческих генах. И «генетические» бомбы могут оказаться страшнее атомных.

Первый кризис, связанный с генетически модифицированными организмами, начался летом 1971 г. В то время молодой ученый Роберт Поллак в лаборатории Колд-Спринг-Харбор (на Лонг-Айленде, штат Нью-Йорк, США), руководимой Джеймсом Уотсоном, занимался проблемой рака. Круг научных интересов Поллака был широк. И вот он узнает, что в другой лаборатории (в Пало-Альто, Калифорния), у Поля Берга, планируются эксперименты по встраиванию молекул ДНК онкогенного (вызывающего раковые заболевания) вируса SV40 в геном кишечной палочки. Последствия таких опытов? А не возникнет ли эпидемия рака (было известно, что почти безвредный для обезьян вирус SV40 вызывает рак у мышей и хомяков)? Начиненные опасными генами бактерии, плодятся

миллиардами за сутки, могли бы, по мнению Поллака, представлять серьезную опасность. Он тут же позвонил Бергу по междугородному телефону и спросил его, отдает ли он себе отчет в опасности экспериментов? Не станут ли бактерии с генами вируса *SV40* биологической бомбой замедленного действия?

Этот телефонный разговор и был началом той тревоги, которая вскоре охватила молекулярных биологов. Берг отложил свои исследования. Он стал размышлять, может ли реально *Eschirichia coli* (кишечная палочка) со встроенным в нее вирусом *SV40* вызвать столько неприятностей? Мучительные раздумья мало что прояснили. Четкого ответа не было из-за скудости сведений, имеющихся у специалистов в то время.

Позже Берг все же решил, что «риск здесь не равен нулю», сам позвонил Поллаку и попросил его помочь организовать конференцию ученых, которая могла бы оценить степень опасности генно-инженерных работ. Эта конференция состоялась в 1973 г. А немного позднее стало известно, что пересадка генов из проекта превратилась в реальность. Что американцы Стэнли Коэн и Энни Чанг из Станфордского университета получили плазмиду-химеру, состоящую из двух бактериальных плазмид (плазмиды *SC101* из кишечной палочки с плазмидой 1258 из золотистого стафилококка) и ввели-таки ее в кишечную палочку. И такая химерическая *Eschirichia coli* стала размножаться. Эпоха геной инженерии началась.

Вот тут-то ученые (Берг, Поллак и другие первопроходцы в области молекулярной биологии) и забеспокоились. Они обратились в Национальную академию США с просьбой детально рассмотреть вопрос о рекомбинантных ДНК. Более того, исследователи решили предать дело гласности. Адресованное в академию письмо было послано в солидный и очень популярный еженедельный журнал, который, хотя этот печатный орган предназначен для профессиональных научных работников, обычно от корки до корки прочитывается корреспондентами всех важнейших средств массовой информации.

Так в 1974 г. широкая публика получила доступ к дискуссии ученых, которые уже не могли игнорировать или замалчивать вопрос о безопасности своих исследований в области геной инженерии.

Группа Берга в письме (оно было озаглавлено «Потенциальные биологические опасности рекомбинантных ДНК») рекомендовала «тщательно взвешивать» вопрос о введении ДНК животных и человека в бактерии. Фактически это было призывом наложить на создание молекулярных химер временный, до созыва международной конференции, мораторий, первая попытка саморегулирования научной биологической деятельности. Напомним, что в 40-е годы прошлого века группа ученых во главе с физиком Лео Сцилардом обратилась к своим коллегам с просьбой приостановить публикацию научных результатов, чтобы лишить фашистскую Германию доступа к ядерной информации. Но на сей раз борьба шла уже за запрещение не атомной, а генной бомбы. Вот так началось то, что позднее «честный Джим», Джеймс Уотсон, назовет «драмой вокруг ДНК». В феврале 1975 г. в Асиломаре (Калифорнийское побережье США, здесь в уединенном, обдуваемом океанскими ветрами месте находится центр по проведению научных форумов) состоялась крупная международная конференция. Собрались 140 ученых из 17 стран, были здесь и советские молекулярные биологи – академики Владимир Александрович Энгельгардт, Александр Александрович Баев и другие исследователи. Обсуждались не только научные, связанные с конструированием гибридных ДНК проблемы, но и социальные, этические и иные аспекты этих работ.

Некоторые доклады ученых носили сенсационный характер. Так, выяснилось, что в США уже был невольным поставлен масштабный эксперимент на людях. *Оказалось, что вакцина против полиомиелита заражена жизнеспособным вирусом SV40. За десятилетний период, с 1953 по 1963 год, эту зараженную вакцину привили примерно сотне миллионов детей.* Причем проверка показала, что вирус SV40 сохраняется в организме. Однако, к счастью, никакого увеличения частоты раковых заболеваний у этих детей отмечено не было. В Асиломаре разгорелся жестокий спор сторонников и противников продолжения генетических экспериментов. Решение конференции было половинчатым: генно-инженерные работы были запрещены лишь частично. По степени риска эксперименты были разбиты на три категории – от опытов с минимальным риском до высокоопасных.

Многие генно-инженерные эксперименты было решено вести в особых лабораториях. К ним допускались лишь те, кто сдал экзамен по «технике генетической безопасности». Весь воздух, выходящий из лаборатории (он мог содержать опасные микробы), должен был пропускаться через системы сложных фильтров. Экспериментатор, работающий в перчатках, имел дело с биоматериалом, который находился в специальной защитной кабине, отделенной от остальной части лаборатории завесой из циркулирующего воздуха. Персонал перед выходом из лаборатории обязан был принимать душ и менять одежду.

Все это очень усложняло до того сравнительно простые эксперименты, которые вели молекулярные биологи. В США требованиям, предъявляемым к «очень опасным» работам, больше всего тогда соответствовала лаборатория базы ВВС в Эймсе (Калифорния). Она была спроектирована и построена для содержания в карантине образцов грунта, доставленных с Луны.

В те годы не только в США, но и во многих других странах началась работа над инструкциями по допустимым условиям генно-инженерной деятельности. В СССР особая комиссия (ее возглавил академик А. А. Баев) разработала «Временные правила безопасности работ с рекомбинантными ДНК» (1978 г.). Конференция в Асиломаре не смогла дать исчерпывающих ответов на все вопросы, поднятые Поллаком, Бергом и другими исследователями. Защитные мероприятия оказались очень дорогостоящими, вред генетических исследований не был доказан. Ученые еще раз отчетливо осознали всю бездну своего незнания. В таких условиях принять какие-то радикальные меры было трудно. Постепенно шум вокруг «расщепленной» ДНК затих. Запреты на опыты были сняты. Но хотя страсти временно улеглись, проблема потенциальной опасности подобных исследований не стала менее значительной. На конференции в Асиломаре был поставлен вопрос: может ли человек играть роль Всевышнего? Первооткрыватель структурных особенностей ДНК Эрвин Чаргафф вопрошал тогда: «Имеем ли мы право необратимо противодействовать эволюционной мудрости миллионов лет только для того, чтобы удовлетворить амбиции и любопытство нескольких ученых?» Чаргаффу с не меньшими резонами отвечал американец

Герберт Бойер (он первым генно-инженерными путями синтезировал инсулин): «Эта так называемая эволюционная мудрость, которая дала нам комбинацию генов для бубонной чумы, оспы, желтой лихорадки, тифа, полиомиелита, диабета и рака. Это та мудрость, которая продолжает давать нам не поддающиеся контролю болезни, такие, как лихорадка Ласса, магебургский вирус и совсем недавно... вирус геморрагической лихорадки, приносящий около 100 процентов смертности у инфицированных людей в Заире и Судане...» Не удовлетворенный подобной аргументацией, сомневающийся, что вероятность опасных последствий можно свести к минимуму, Эрвин Чаргафф со смесью иронии и тревоги заметил тогда: «...Поджигатели сформировали свою собственную пожарную команду».

Не все были согласны со столь пессимистическими оценками. Были и полярные мнения, что-де рекомбинантные ДНК совершенно нежизнеспособны вне тех искусственных условий, в которых их культивируют. Так что никакой, дескать, опасности нет. Что ситуация полностью под контролем. Что опасны и зажигалка, и газовая плита, и электрический утюг. И что было бы безрассудно отказаться от генетических исследований просто из соображений «как бы чего не вышло».

Ситуация под контролем? Действительно, за прошедшие (с 1972 г.) треть века ни одной генной аварии вроде бы не произошло. Но вспомним Чернобыль: 32 года (с 1954 г.), когда в СССР, в Обнинске, была построена первая в мире АЭС, атомные станции казались абсолютно надежными, и вдруг...

Однако опасность может появиться с самой неожиданной стороны. Так, некоторые ученые уже предупреждают о возможности «этнического оружия». Ведь если станет ясно, какие из генов характерны для той или иной расы людей, то можно будет избирательно воздействовать на эти гены так, чтобы уничтожить определенную нацию...

Первый испытательный ядерный взрыв был произведен в США 16 июля 1945 г. Атомная бомба – не игрушка, руководители американского «Манхэттенского проекта» забеспокоились: а не приведет ли испытание к глобальной катастрофе? Не будет ли запущена цеп-

ная реакция, которая охватит всю атмосферу? Ведь в принципе даже кислород и азот могут участвовать в термоядерных реакциях синтеза. И тогда весь земной шар может превратиться в одну гигантскую бомбу. Опросили физиков-теоретиков. Самому дотошному и аккуратному из них – Грегори Брейту – было поручено дать обоснованное заключение. Ученый тщательно проанализировал все мыслимые возможности и сказал: нет. И ядерная проба вскоре состоялась.

Почти тридцать лет спустя вновь возникла драматическая ситуация. На этот раз паника охватила молекулярных биологов. К тому времени они научились обращаться с генами и, казалось, были готовы создать молекулярных монстров, среди которых могли возникнуть и чудища с губительными для человека свойствами.

Исследователи – на этот раз сами! – забили тревогу. Их выступления, опубликованные в широкой печати, стали сенсацией. Слова «генная инженерия» приобрели популярность, вызывая у людей одновременно как чувство надежды, радости, твердой веры в науку и всеобщий прогресс, так и чувство тревоги, страха, апокалипсических видений.

Немудрено, что тень от ядерных взрывов легла и на генно-инженерные исследования. Общественность США была склонна толковать добровольный «мораторий» молекулярных биологов по-своему. Раз что-то запрещают, рассуждали неспециалисты, значит, все эти опыты крайне опасны. Подобные настроения подогревала и пресса. Это ее вина, что некомпетентные, далекие от науки люди считали себя вправе в середине 70-х годов XX века (разгар генно-инженерного кризиса) обличать науку. Рядовые читатели, узнавая из газетных и журнальных статей с хлесткими заголовками об успехах и неудачах наук, не только критиковали ученых, отпускали в их адрес колкие, язвительные замечания и упреки, но и в самом прямом смысле вершили над наукой «правый» суд.

Науку судили и раньше. Вспомним хотя бы, какие страсти разгорелись после выхода в свет книг Чарлза Дарвина о происхождении и эволюции человека. В 1926 г. в городе Дейтон (штат Теннесси, США) состоялся знаменитый «обезьяний процесс». Учитель Д. Скопе обвинялся в том, что он в школе излагал теорию Дарвина

(ее преподавание в ряде южных штатов было запрещено). Высокий суд тогда отклонил требование защиты о вызове в качестве свидетелей ученых. Скопе же был приговорен к денежному штрафу.

Было всякое. Однако раньше общественность (граждане, не имеющие специальной подготовки для понимания проблем современной науки) не вмешивалась непосредственно в дела ученых, не пыталась диктовать им, какие исследования надо вести, какие нет. Это случилось только в наши дни.

Видя нерешительность ученых, государственные и другие учреждения США стали обсуждать научные проблемы. Трансплантация генов стала поводом для дискуссий в конгрессе на заседаниях подкомиссии по здравоохранению. Дебаты шли под председательством сенатора Эдварда Кеннеди (брата убитого президента). В результате в Мичиганском университете строительство лаборатории, спроектированной специально для биоинженерных работ, было задержано. Подобные же вопросы обсуждались в главной прокуратуре Нью-Йорка и на многих других совещаниях – в штатах Индиана, Коннектикут, Калифорния...

Не только финансирующие исследования органы, но и совсем далекие от науки люди включались в обсуждение генно-инженерных проблем.

Когда жителям Кембриджа (город ученых в штате Массачусетс, США, здесь находятся знаменитые Гарвардский университет и Массачусетский технологический институт) стали известны планы Гарвардского университета построить для молекулярных биологов лабораторию, то решение этого вопроса было отдано мэром города Альфредом Велуччи на откуп комиссии горожан. В нее вошли: медсестра-монахиня (она заведовала больницей), инженер-строитель, владелец небольшой компании, снабжающей горожан топливом, обеспеченная домохозяйка, два врача, философ и еще несколько представителей общественности. Им-то и вменялось определить степень безопасности предполагаемых научных изысканий в строящейся лаборатории. «Эксперты» заседали в Кембриджской городской больнице: дважды в неделю эта разнородная группа собиралась, чтобы поговорить о ДНК. Члены комиссии держались

с учеными (их также приглашали на заседания) на «ты». И это было как раз то, чего ученые так опасались. В результате этих переговоров (дело происходило летом 1976 г.) запланированные учеными эксперименты были сначала отложены на семь месяцев, а в феврале 1977 г. городской совет и вовсе принял постановление (первое постановление такого рода в США), устанавливающее ограничения на исследования ДНК на всей территории Кембриджа.

Опасность применения пестицидов

А на самом деле, что опаснее – генетически модифицированные организмы или использование химических веществ (пестицидов) для защиты от болезней и вредителей? Давайте разберемся.

Как известно, термин «*пестициды*» состоит из латинских слов – *pestis* (зараза) и *caedo* (убиваю). Их производство стало выгодным бизнесом для агропромышленных корпораций. В 1998 г. продажа пестицидов увеличилась на 5% и достигла 31 млрд долл. Лидером их поставок на мировой рынок была компания «Новартис» (Швейцария), которая довела объем продаж химикатов до 4 млрд долларов. Главные экспортеры пестицидов сегодня – Франция, Германия, США, Великобритания и Швейцария – получают весомую часть своих прибылей за счет торговли пестицидами.

Дорогостоящие рекламные кампании, замалчивание успехов биологических методов защиты растений, вообще весь арсенал современных методов обработки общественного мнения используется мощными химическими концернами для удержания позиций на рынке пестицидов. Вместе с тем анализ результатов многолетнего применения богатейшего арсенала пестицидов говорит о том, что попытки решить проблему повышения продуктивности сельского хозяйства за счет химизации практически исчерпаны и накопление пестицидов в почвах, продукции сельского хозяйства, в организмах домашних и диких животных и человека уже привело к ряду неприятных последствий. Одно из них – уже упоминавшееся повышение устойчивости насекомых (объектов применения инсектицидов) к применяемым ядам, что ведет к увеличению доз при обработке полей и введению все более токсичных ядохимикатов. Это уже приве-

ло к тому, что сельское хозяйство стало одним из наиболее опасных для здоровья видов деятельности. Так, по числу мутагенов (а именно пестициды являются основными мутагенами в сельском хозяйстве) оно занимает второе место после отходов промышленности, опережая по этому показателю бытовую химию, медицину, транспорт, и «поставляет» людям 21% всех химических мутагенов. Мутагенное и канцерогенное действие пестицидов – не единственная опасность для здоровья людей, связанная с ними. Специальными исследованиями показано, что пестициды вызывают многочисленные нарушения деятельности нервной системы, органов чувств, системы пищеварения, генеративных функций. Расчеты показывают (Таиров и др., 1986), что в США, где особенно популярны пестициды, от 10 до 18% смертей могут быть связаны с действием пестицидов. Анализ эффективности пестицидов и прогноз результатов перехода к биологическим методам защиты растений позволяют рассчитывать на постепенное избавление от опасного насыщения пестицидами экосистем, включая агросистемы.

Поскольку все применяемые на практике способы обработки пестицидами сельскохозяйственных культур связаны с распылением соответствующих растворов или порошков в воздухе, не оседающая на поверхность часть препарата образует более или менее устойчивые аэрозоли, которые разносятся даже слабым ветром на значительные расстояния. Дополнительное, хотя и не такое большое количество пестицидов, в частности инсектицидов, добавляют в воздушную среду обработки очагов трансмиссивных заболеваний против кровососущих насекомых–переносчиков. Воздушная среда находится в контакте и непрерывном взаимодействии с водами, почвами, растительностью. Это приводит к распространению пестицидов практически во всех средах на Земле, и хотя их концентрация максимальна в зонах непосредственного применения, на нашей планете уже нет места, абсолютно свободного от присутствия хотя бы следовых количеств этих ядов (Розанов, 2001).

Многие загрязнители обладают одновременно канцерогенным (вызывающим раковые заболевания) и мутагенным (вызывающим повышение частоты мутаций, включая нарушения, ведущие к урод-

ствам) свойствами, поскольку механизм их действия связан с нарушениями структуры ДНК или клеточных механизмов реализации генетической информации. Такими свойствами обладают как радиоактивные загрязнения, так и многие химические вещества органической природы – продукты неполного сгорания топлива, ядохимикаты, применяемые для защиты растений в сельском хозяйстве, многие промежуточные продукты органического синтеза, частично теряемые в производственных процессах.

Опосредованное влияние, то есть воздействие через почву, растительность и воду, связано с тем, что те же вещества попадают в организм животных и человека не только через дыхательные пути, но и с пищей и водой. При этом область их воздействия может существенно расширяться. Например, ядохимикаты, сохранившиеся в овощах и фруктах в опасных количествах, воздействуют не только на население сельских районов, но и на жителей городов, питающихся этой продукцией.

Опасность бесконтрольного применения пестицидов возрастает еще и от того, что продукты их метаболизма в почве иногда оказываются более токсичными, чем сами использованные на полях препараты.

Несмотря на «зеленую революцию», развивающиеся страны в ходе ее проведения не смогли создать самодостаточные аграрные экономики. Сельскохозяйственные реформы под эгидой МВФ сделали страны третьего мира заложниками глобального продовольственного рынка, на котором всего 10 корпораций контролируют все аспекты сельскохозяйственного производства в мире. На долю четырех из них приходится 90% мирового экспорта кукурузы, пшеницы, табака, чая и ананасов. По прогнозам МВТ, многие страны Азии и Африки вынуждены будут почти удвоить импорт зерновых до 2020 г. Поэтому можно ожидать, что создание генетически модифицированных растений могло бы способствовать решению таких вопросов, как повышение урожая без дополнительного ущерба для экологии. Однако не все страны готовы довериться западным технологиям. Индия, например, проводит свои собственные исследования и оценки.

Широкое использование минеральных удобрений способствовало повышению урожайности зерновых, но вызвало нарушение глобального азотного баланса. Дальнейшее наращивание использования пестицидов создает огромную угрозу здоровью миллионов потребителей и хлеборобов. По оценке ВОЗ, ежегодно 3 млн человек отравляются пестицидами и более 200 тыс. умирают при этом; до 25 млн сельскохозяйственных рабочих подвергаются воздействию химических веществ с риском для жизни.

Возможная опасность ГМО и их научная проверка

Как уже отмечалось выше, одной из возможностей уменьшения загрязнения генотоксическими агентами окружающей среды в связи с химизацией сельского хозяйства является широкое использование ГМ-растений, но оно требует объективного анализа рисков их распространения. При рассмотрении проблемы возможного влияния трансгенных растений на окружающую среду, в основном, обсуждается три аспекта.

1. Сконструированные гены могут быть переданы с пылью близкородственным диким видам, и их гибридное потомство приобретет новые привнесенные свойства или способности конкурировать с другими растениями.
2. Трансгенные сельскохозяйственные растения могут стать сорняками для сельского хозяйства и вытеснить произрастающие рядом другие растения.
3. Трансгенные растения могут стать прямой угрозой для человека, домашних и диких животных (например, из-за их токсичности или аллергенности).

К настоящему времени выполнены экспериментальные исследования этих возможностей и получены следующие данные.

Проведена оценка трансгенного рапса по способности к инвазии с целью определения: станут ли гербицидустойчивые растения более склонными к распространению в естественных условиях. При изучении демографических параметров трансгенного и обычного рапса, выращивавшихся в различных местах и различных климатических условиях, получены данные прямого сравнения трех различ-

ных генетических линий: контроль, канамицинустойчивая и гербицидустойчивая (Баста). Несмотря на значительные колебания по выживанию семян (при их хранении в земле), росту растений и семенной продуктивности, не обнаружены данные, указывающие, что генетическая инженерия по канамицин- и гербицидустойчивости усилила инвазивные свойства рапса. В случаях, когда наблюдали значительные различия, например, по выживанию семян, трансгенные растения оказались менее стойкими по сравнению с обычными.

При изучении частоты переноса гена *bar* (устойчивости к гербициду Баста), окружности диаметром 9 м были засеяны трансгенным рапсом, среди гектара обычных растений. Для улучшения перекрестного опыления в поле стояли ульи с пчелами. Семена собирали на расстоянии 1, 3, 12 и 47 м от этих окружностей и в потомстве определяли наличие гибридных растений. Частота перекрестного опыления составила на расстоянии 1 м – 1,4%, 3 м – 0,4%, 12 м – 0,02% и 47 м – 0,00034% (три гибрида на миллион растений).

Определение частоты перекрестного опыления между трансгенным картофелем *S. nigrum* и *S. dulcamara* показало, что когда трансгенные и контрольные растения выращивали в соседних рядах, то частота скрещивания между ними составляла 24%, при увеличении расстояния до 10 м она составляла 0,017%, а при 20 м не обнаружено гибридных растений.

Еще одним аспектом влияния трансгенных растений на окружающую среду является получение трансгенных растений с лучшей способностью использовать минеральные соединения, что, кроме усиления роста, будет также препятствовать смыву химикатов в грунтовые воды и попаданию в источники водопотребления.

Ген *CHL1* арабидопсиса контролирует транспорт нитратов и влияет на их поглощение из почвы. Изолирован гомологичный ему ген *OsNTI*. У трансгенных растений арабидопсиса с геном *CHL1* поглощение азота усиливалось. ДНК *CHL1* и *OsNTI* была слита с промоторами *Act1* и *Ubi1* и эти конструкции были интродуцированы в растения риса. Среди трансгенных растений, подвергнутых анализу, растение со множественными инсерциями *Ubi1-CHL1* характеризу-

валось типичным для растений с повышенным поглощением нитратов соотношением корневой и надземной массы.

Ген глюкуронидазы (*GUS*), изолированный из *Escherichia coli*, один из наиболее широко используемых репортерных генов у трансгенных растений. Этот ген чаще всего используется для изучения экспрессии генов при его подстановке под промоторы соответствующих генов. Выпуск на рынок трансгенных сортов сельскохозяйственных растений, имеющих *GUS*-ген в качестве репортерного, требует оценки биобезопасности этого гена. *GUS*-активность обнаружена у многих видов бактерий и поэтому представлена в организмах беспозвоночных и позвоночных. В организмах позвоночных *GUS*-активность обязана попаданию энтеробактерии *Escherichia coli*, обитающей в кишечном тракте, в почве и грунтовых водах, поэтому дополнительная активность *GUS*, добавленная в экосистему за счет трансгенных растений, не изменит вовсе или изменит незначительно существующую ситуацию.

Нет оснований полагать, что трансгенные культуры, экспрессирующие *GUS*-ген, будут иметь какие-либо преимущества перед другими культурами и будут сорняками или такими преимуществами станут обладать сорняки, получившие этот ген за счет скрещивания с родственными видами сельскохозяйственных растений.

Так как глюкуронидаза встречается естественно в кишечном тракте человека и других позвоночных, ее наличие в пище или кормах, полученных из трансгенных растений, не причинит им вреда. Поэтому наличие *GUS*-гена в трансгенных растениях считается безопасным для человека, животных и окружающей среды.

Среди естественных компонентов биосферы значительное место занимают микроорганизмы. В силу высокой скорости эволюции микроорганизмы наиболее эффективно реагируют на изменение окружающей среды, так что исследование природных микробных сообществ позволяет наиболее оперативно оценить эффекты изменений окружающей среды на биоразнообразии. Такие исследования приобретают в последние годы важное значение в связи с широким распространением генетически модифицированных микроорганизмов и возможным попаданием их в естественные микробные

сообщества. Все эти воздействия могут создать проблемы, связанные с распространением чужеродных генетических конструкций в природных сообществах, так называемым горизонтальным переносом генов, что неминуемо приведет к существенному ускорению эволюции микробных сообществ, появлению новых форм с новыми генетическими признаками. Оценка устойчивости таких форм и содержащихся в них конструкций, а также последствий их появления в природе чрезвычайно важна для разработки стратегий последующего развития общества.

Для оценки возможного влияния генетически модифицированных растений на экосистемы почвы листья контрольных и трансгенных растений табака с геном ингибитора протеазы I, 7, обладающих инсектицидной активностью, помещали в почву. Содержание ингибитора протеазы через 5 – 7 дней составляло 0,05% исходного количества и через две недели уже не детектировалось. Количество нематод в почве около остатков трансгенных растений было выше, чем около контрольных растений. Популяция *Collembola*, наоборот, была менее численной возле остатков трансгенных растений, что указывает на наличие влияния остатков трансгенных растений на популяции нематод и *Collembola*.

Иногда высказываются опасения о возможном горизонтальном переносе генов от трансгенных растений в почвенные микроорганизмы. Определена частота возможной трансформации почвенной бактерии *Acinetobacter calcoaceticus* BD413 ДНК трансгенных растений при двух источниках ДНК растений, различных форм плазмидной ДНК с геном *nptII*. Не обнаружены трансформанты при использовании ДНК трансгенных растений, что предполагает частоту трансформации ниже 10 – 13 трансформантов на реципиент в оптимальных условиях. Однако в условиях почвы, при снижении концентрации ДНК, доступной бактериям, эта частота должна снизиться до 10 – 16. Учитывая ранее полученные данные об ограниченном времени сохранения хромосомной ДНК и невозможности определения детектируемой компетентности клеток *A. calcoaceticus* в почвенных условиях, полученные результаты приводят к выводу о неопределяемой частоте возможного поглощения растительной ДНК этим почвенным микроорганизмом в естественных условиях.

Изучена стабильность ДНК в листовом опаде трансгенных растений сахарной свеклы, устойчивых к ризомании, и возможность горизонтального переноса от ДНК растений к бактериям. Трансгенные растения несли *NPTII*- и *bar*-гены. Показана длительная сохранность растительной ДНК в почве. Не обнаружен перенос специфичных конструкций трансгенной ДНК к микроорганизмам, изолированным из почвы.

Исследования показывают, что экологический риск при выращивании трансгенных растений можно сравнить с риском испытания новых селекционных сортов, полученных без применения биотехнологических методов. Все соединения, которые появляются в трансгенных растениях, уже существуют в природе. Все дело в скорости появления этих признаков у растений. То, что в природе произошло бы за тысячелетия, в экспериментах ученых происходит за годы.

Следует ли опасаться появления трансгенных растений, скажем, того же масличного рапса, устойчивого к гербицидам, потому что он может скреститься с сурепкой и та станет устойчивой к этому гербициду? Определенный риск, конечно, существует, однако о появлении сорняков, устойчивых к гербицидам, известно уже давно и это не вызвало ранее никаких опасений. Просто подбирали другой гербицид, к которому данный сорняк был нестойким. Так же и в случае появления сорняков, устойчивых к какому-либо гербициду за счет скрещивания с трансгенными гербицидустойчивыми растениями, будут применены другие гербициды, которые и уничтожат эти сорняки, но оставят трансгенные растения, устойчивые к этому гербициду.

Гербицидами называют химические препараты, уничтожающие сорняки в посевах культурных растений. Одним из классов гербицидов по избирательности (т. е. способности поражать одни растения, при этом не влияя на другие) являются гербициды сплошного действия, уничтожающие все растения.

Одной из заманчивых возможностей ДНК-технологии является создание генетически модифицированных культурных растений, устойчивых к этому классу гербицидов. В таком случае при применении гербицидов сплошного действия на площади будут уничто-

жены все растения за исключением культуры, которая обладает генетически обусловленной устойчивостью к данному гербициду. Это было бы идеальным вариантом контроля вредоносности сорняков.

Существует ли опасность изменения трансгенных растений таким образом, что они станут токсичными для человека и животных? Даже теоретически трудно себе представить, что введение одного или несколько генов в высший эукариотический организм, геном которого состоит из десятков тысяч генов, так изменит его метаболизм, что это растение станет синтезировать какие-либо токсические соединения, не связанные с экспрессией введенного гена. Конечно, в каждом случае внесения нового гена получаемые трансгенные растения должны проходить тщательные испытания. При этом исследуют продукты метаболизма, кодируемые вносимым геном, и только после этого такие трансгенные растения изучают в полевых условиях.

И хотя обмен генов между сконструированными трансгенными растениями и родственными им культурными и дикими видами, по мнению большинства биотехнологов, не представляет угрозы для окружающей среды, предпринимаются попытки разработки системы, полностью препятствующей такому переносу генов. Одним из подходов к решению этой проблемы является создание мужско-стерильных растений. Однако, несмотря на свою эффективность, в настоящее время он ограничен небольшим количеством видов сельскохозяйственных растений.

Другим подходом является внесение желаемых генов в хлоропластный геном. Для подавляющего большинства видов культурных растений хлоропласты наследуются строго по материнскому типу и, таким образом, трансгены не будут передаваться с пылью. Первые исследования в этом направлении были по материнской линии проведены в лаборатории П. Малиги и показали возможность внесения в хлоропластный геном маркерных генов.

Таким образом, можно суммировать имеющуюся информацию об опасностях, которые надо учитывать, в следующих пунктах:

1. Принцип создания векторов – имитация естественного процесса горизонтальной передачи наследственной информа-

ции, при которой вовлекаются эволюционно естественные пути обмена генетического материала, не исключен запуск событий, которые могут привести к изменениям межвидовых барьеров переноса генетического материала патогенов.

2. Интеграция нового материала в геном не может к настоящему времени рассматриваться как полностью прогнозируемый процесс – возможен запуск событий «инсерционного» мутагенеза.
3. У генетически модифицированных растений: а) модификации, связанные с увеличением устойчивости к гербицидам и паразитам, не учитывают традиционные проблемы коэволюции хозяина и паразита, возможность передачи генетического материала устойчивости к сорнякам; б) модификации с целью получения фармакологических препаратов – не учитываются неисследованные последствия для иммунной системы человека и животных изменений антигенного состава пищевых продуктов; в) не учитывается тот факт, что широкое использование генетически модифицированных растений неизбежно приводит к изменениям биоразнообразия в глобальном масштабе.
4. У генетически модифицированных животных: а) при их получении в целях увеличения продуктивности недостаточно исследованы последствия использования человеком продукции генетически модифицированных животных для эндокринной и иммунной систем человека, а также потенциальных источников распространения дестабилизирующих генетических элементов; б) при использовании ГМО животных для тиражирования геномов высокопродуктивных особей не исключено распространение скрытых генетических дефектов, а также изменение биоразнообразия внутри сельскохозяйственных пород; в) в терапевтических целях – недостаточно изучены последствия преодоления трансплантационного межвидового барьера, не исключены влияния на иммунную систему хозяина, а также возможно облегчение преодоления межвидового барьера патогенами.

В проблеме трансгеноза есть ряд нерешенных и теоретических проблем, например, одна из них «сайленсинг» – замолкание встроен-

ных генов. Это явление известно довольно давно, но конкретные механизмы, приводящие к выключению встроенных генов, пока не вполне ясны. Созданы специальные модели для изучения влияния числа копий генов. За контроль взята встройка одной копии гена глюкокуронидазы в связке с геном-репортером по канамицинуустойчивости, двух копий генов в прямой последовательности и тех же двух копий, но уже инвертированных друг к другу. Введение повторенных нуклеотидных последовательностей в виде прямых и особенно инвертированных повторов резко снижает уровень экспрессии гена канамицинустойчивости. Влияние числа копий или места встройки переносимых генов на их экспрессию, уровень активности или полное выключение – лишь один из механизмов явления сайленсинга, активно изучаемого в ряде лабораторий (В. К. Шумный, 2001).

Другая важная проблема в процессе трансгеноза – возникновение мутаций как следствие встройки чужеродной ДНК (Т-ДНК инсерций). Собрана целая коллекция Т-ДНК индуцированных мутаций, характеризующихся, например, измененным строением цветка и мужской стерильностью. Мутантные фенотипы появляются с частотой до 5%. Установлено, что у большей части проанализированных растений мутантный фенотип наследуется сцепленно с признаком устойчивости к антибиотику канамицину, что свидетельствует об инсерционной природе мутационных событий в результате интеграции чужеродной ДНК в геном растений (В. К. Шумный, 2001).

Очевидно, что для предупреждения вышеперечисленных событий, прежде всего, необходимо:

1. Наличие в генных конструкциях специальных последовательностей, позволяющих легко уничтожать клетки – их носители.
2. Использование традиционных приемов проверки на мутагенную активность всей продукции, связанной с ДНК-технологиями с обязательным использованием тестов *in vivo* – лабораторных линий мышей и клеточных культур человека с учетом возможных кумулятивных эффектов со стрессирующими агентами.
3. Контроль изменения генофондов популяций трансгенных растений и животных, их репродуктивной изоляции от полученных традиционным путем.

4. Контроль изменения биотической компоненты агроисистем, в которых разводятся трансгенные растения (микрофлора почвы, сорняки, насекомые и т. д.).

К сложностям использования генетически модифицированных растений, устойчивых к насекомым, относят следующие. **1.** Возможность приобретения насекомыми толерантности к токсинам. Так, обнаружено, что у сельскохозяйственного вредителя кукурузного мотылька (*Ostrinia nubilalis*) есть формы, устойчивые к *Bt*-токсину. Устойчивость контролируется аутосомным геном с неполным доминированием. Это может в скором будущем сделать использование *Bt*-модифицированных растений бессмысленным. **2.** Противоречивость данных о токсичности для теплокровных животных и людей.

Исходя из этого дальнейшее развитие использования ДНК-технологий в защите растений от насекомых будет осуществляться в направлении создания генетически модифицированных растений, несущих гены более эффективных и безопасных инсектицидов. Так, например, в последнее время развернуты работы по замене в генных конструкциях при получении трансгенных растений, устойчивых к насекомым, бактериального гена *Bt*-токсина на ген яичного белка авидина курицы. Принцип его действия основан на том, что авидин, накапливающийся в растениях, приводит к дефициту витамина биотина в тканях насекомых, что блокирует их онтогенез и приводит к их гибели. В то же время продукт гена авидина входит в пищу человека, его концентрации в трансгенных растениях токсичны для насекомых, но нетоксичны для человека, и даже при избыточном потреблении таких растений человеком возможные негативные эффекты могут быть скомпенсированы введением в пищу витамина биотина.

В настоящее время очевидно, что к потенциальной опасности распространения и использования генетически модифицированных организмов подходят на основании «двойного стандарта», что легко можно увидеть из двух сопоставлений, представленных ниже.

- 1) Влияние наличия аллергенных эффектов экзотических белков генных конструкций на иммунную систему человечества, так же, как и появление устойчивости бактериальной компоненты человека к антибиотикам, нельзя рассматривать

отдельно, как самостоятельную проблему, а только по сравнению с такими же эффектами тех химических веществ, инсектицидов, пестицидов, гербицидов, которые они замещают. То есть пищевую опасность эндотоксина *Bacillus thuringiensis* (Bt), наиболее распространенного элемента генных конструкций в защите трансгенных растений от насекомых, нужно сравнивать с пищевой опасностью того же эндотоксина, который попадает в пищу при его использовании в качестве химического средства защиты растений, с учетом объемов его внесения в целые агросистемы. Что, в общем, никогда не рассматривается противниками ГМ, хотя сам метод получения ГМ вырос из объективной необходимости снижения химизации сельского хозяйства и медицины, достигшей очевидно катастрофических размеров в сравнении с возможностью экологических систем от нее освободиться.

- 2) Наличие либо отсутствие генетического потока, связанного с ГМ, вероятность появления суперсорняков, новых вирусов не может являться предметом общих рассуждений, а должно подкрепляться прямыми экспериментальными данными, которые к настоящему времени, несмотря на выполненные специальные исследования, отсутствуют в виде строго доказанных экспериментальных результатов. Кроме того, генный поток, если он выявлен, может быть исключен, путем создания стерильных ГМ и специально разработанных методов гибели растений после определенной стадии развития. Кроме того, если оказывается, что данная форма ГМ действительно несет высокий риск генного потока по каким-то другим причинам, ее просто нужно исключать из воспроизводства.

То есть защитники ГМ полагают, что вопросы использования ГМ и их опасности должны перестать представлять собой абстрактную дискуссию, а перейти к выбору конкретной стратегии использования ГМО с наличием специальных приемов для предупреждения их нежелательных эффектов, специально разработанных не на все случаи жизни, а конкретно, для каждого ГМ-сорта отдельно.

При этом необходим «эквивалентный» подход к опасности ГМ-растений, при котором учитывается опасность их неиспользования – применения традиционных агротехнологий, поскольку хорошо известно, что химизация агросистем приводит к глубоким экологическим изменениям и способствует появлению как новых суперсорняков, так и экспансии новых вирусов, дестабилизации генофондов сельскохозяйственных и диких видов. И только глубокие исследования глобальных изменений биосферы, связанных с деятельностью человека в XIX – XX вв., связанных с техногенной революцией, могут служить тем контролем, по отношению к которому нужно оценивать возможную угрозу ГМ для биоразнообразия планеты.

Несмотря на отсутствие компромисса между защитниками и противниками использования ГМ-растений, в развивающихся странах площади, занятые ГМ, выросли в 2000 г. на 51% (с 7,1 млн га в 1999 г.) до 10,7 млн га, что сопровождалось только 2%-ным ростом в индустриальных странах, с 32,8 млн га в 1999 г. до 33,5 млн га – в 2000 г.

В англоязычной электронной версии журнала «Достижения биотехнологии» за 8 декабря 2004 г. приводятся следующие данные из доклада доктора С. Санкула, директора биотехнологических исследований в Национальном центре пищевой и сельскохозяйственной политики США (*The National Center for Food and Agricultural Policy – NCFAP*).

С 2001 по 2003 гг. количество площадей, занятых под ГМ-сорта, увеличилось с 80 до 106 млн акров. Получено увеличение урожая, уменьшение его себестоимости. По сравнению с 2001 г. произошло увеличение урожайности на 41%. Стоимость продукции уменьшилась на 25%, увеличение прибыли составило 27%. Использование пестицидов уменьшилось на 2%. В 2004 г. прибыль от ГМ составила \$1900 млн, прирост урожая – 5300 млн фунтов, уменьшение использования пестицидов – 46,4 миллионов фунтов. Такой прирост наблюдался у фермеров всех 42 штатов, где применяли ГМ-сорта. Наибольшая прибыль, в мерах увеличения конечной продукции и уменьшения использования пестицидов, была в Айове, затем в Иллинойсе и Миннесоте.

Согласно С. Санкула особую часть прибыли составляет уменьшение негативного влияния на окружающую среду, при использовании ГМ, что связано с уменьшением использования пестицидов, снижения эрозии почв, затрат воды, уменьшением использования сельскохозяйственной техники. Он констатирует, что современные биотехнологии увеличивают общую эффективность использования хлопка на 300%, сои – на 45%, кукурузы – на 14%. С. Санкула утверждает, что увеличение использования ГМ способствует росту прибыли. Коммерческие преимущества для фермеров при использовании ГМ-сортов являются ключевым фактором для их распространения.

NCFAP является некоммерческой, открытой исследовательской организацией, расположенной в Вашингтоне.

Принятые к настоящему времени рамочные фундаментальные принципы оценки риска получения и использования ГМ-организмов заключаются в следующем: 1) оценка риска имеет научную основу, а не есть предположением; 2) она выполняется последовательно от одного варианта ГМО к другому; 3) оценка риска повторяется постоянно и пересматривается с появлением новой информации; 4) включается вся доступная информация. Относительно последнего пункта, доступная информация не ограничивается научными фактами, поскольку персональное мнение и персональная предубежденность также должна учитываться в оценке риска. Ясно, что более объективная, квалифицированная информация обычно менее результативна в решении конкретных проблем использования ГМО, чем более популярная.

Однако в комплексной проблеме экологии растений множество параметров не доступны для количественной оценки, и они должны быть определены хотя бы как качественные параметры. Это особенно очевидно в случае оценки опасности использования ГМО для конкретных экосистем. Другой момент – опасность использования ГМО в широком экологическом смысле (не в связи с геном горизонтальным потоком от ГМО) требует четкого сравнительного анализа.

Кроме того, необходимо подчеркнуть, что до сих пор нет четкого определения, что такое опасность. В отношении ГМО опасность, или риск, обычно оценивается возможностью перенесения геной

конструкции (генный поток) в другие виды (микробиоту, насекомых и т. д.), или путем переопыления с другими близкородственными видами (дикие расы, сорняки), или трансгенных семян в грунт и заражение последующих посевов той же нетрансгенной культуры (перенесение вместе с семенами). Эти процессы поддаются как количественным измерениям, так и изменениям путем получения, в частности, стерильных трансгенных сортов.

Однако сами доместцированные виды без ГМО тоже формируют генные потоки к сорнякам и другим видам. Так что оценка первого может выполняться только по отношению к исследованиям вторых. Отсутствие глубоких исследований последних приводит к ошибочным представлениям об опасности генного потока от ГМО для, например, сохранения биоразнообразия. Более того, такая опасность существовала во все тысячелетия использования доместцированных форм среди диких, с этим и нужно сравнивать генный поток.

Например, модифицированная кукуруза, которая проявляет те же самые характеристики, что и ее немодифицированные варианты, в отношении количества семян, их репродуктивной функции, должна рассматриваться как неизменная форма в отношении опасности возникновения нового генного потока. Если кому-то кажется, что полевые исследования мало чувствительны, необходимо проводить лабораторные, с повышенной точностью. Однако сама направленность на обязательное выявление негативных эффектов как самостоятельная задача может не привести к увеличению безопасности ГМО, а сделать их производство бессмысленным. Очевидно, должен быть баланс, при котором научные обсуждения должны увеличивать качество новых тест-систем ГМО и приносить новое знание, а не блокировать их развитие вообще. Поскольку в глобальном масштабе совершенно не ясно, как можно добиться увеличения пищевой продукции, снижая химизацию сельского хозяйства и добиваясь очищения от средств химической защиты растений агросистем, без чего невозможно дальнейшее устойчивое развитие человечества. Научные исследования генетически модифицированных растений, которые экспрессируют продукты генов с пестицидным эффектом (то есть устойчивость к насекомым или болезням), выполняются в

США экспертами, которые анализируют характеристики продукции (последовательность трансгена и его функции, анализ их локализации в геномах растений, генетическая стабильность/наследуемость, последовательность белков и их функция, уровень экспрессии, сравнение последовательностей с базой данных токсинов и аллергенов, белковой термостабильности), острая токсичность для млекопитающих (оральные нагрузки для крыс), острые токсические нагрузки для птиц, эффекты для видов – мишеней действия (рыбы, водные и почвенные беспозвоночные и т. д.), потенциальный генный поток, его судьба в разных средах и потенциал к перенесению в семенах.

«Движение сопротивления».

«Биотехнологический протокол» так и не был подписан...

Достижения генетиков радуют далеко не всех. В мире уже появились профессиональные борцы с «индустриальной пищей». Они уничтожают посевы с генетически измененными культурами, отказываются от консервов из трансгенных томатов и других модифицированных сельскохозяйственных культур.

Мир раскололся на три лагеря. В первый входят США (где трансгенными культурами засеяно уже свыше 60 миллионов гектаров), Канада, Австралия, Мексика, Бразилия и Аргентина. Эти страны стоят за внедрение и коммерциализацию новых достижений генной инженерии в сельском хозяйстве. В Аргентине и Канаде даже полагают, что вовсе не обязательно указывать на этикетках продуктов наличие в них трансгенных культур.

Кто против генных новаций? Страны Африки, Малайзия, ряд латиноамериканских стран. Здесь боятся, что вал новомодной генной сельскохозяйственной продукции подорвет позиции собственных национальных производителей.

Особую позицию занимают страны Европейского сообщества. Ведя собственные генные разработки новых растений, они одновременно ограничивают импорт трансгенных растений из других стран и стараются как-то реагировать на озабоченность потребителей, робеющих или просто не желающих привыкать к новой растительной пище.

Есть ли случаи откровенной неприязни к этим нововведениям генетиков? Немецкие активисты «Гринпис» в 1999 г. устроили демонстрацию перед штаб-квартирой американской корпорации «Юнилевер» в Гамбурге. Они, нацепив маски кроликов и баранов, протестовали против производства генетически модифицированной сои. В Англии активисты британского отделения движения «Друзья Земли» требуют введения пятилетнего моратория на производство генных продуктов. Они называют генетически измененную пищу «пищей Франкенштейна», творением злого гения.

В ноябре 1998 г. в одном из индийских штатов местные фермеры сожгли два экспериментальных поля генетически измененной пшеницы. Ее произвела американская компания «Монсанто». Ученые из этой компании изобрели особый биологический механизм, названный ими «Терминатор». Суть его в том, что зерна новой пшеницы после первого урожая уже не прорастали! Такое запрограммированное бесплодие заставляло потребителей американской пшеницы (по урожайности и устойчивости к вредителям новая пшеница была замечательной) вновь и вновь обращаться к услугам «Монсанто». Это-то оригинальное решение проблемы «авторских прав» на семена и вызвало гнев клиентов компании по всему миру. Оттого-то индусы и спалили две плантации. «Монсанто» вынуждена была отказаться от использования «Терминатора», хотя это их право и их труд.

В марте 1999 г. в колумбийском городе Картахена состоялось очередное заседание Всемирной торговой организации (ВТО). Собрались представители 130 стран. Они должны были подписать «Биотехнологический протокол». Выработать правовой механизм, регулирующий производство и международную торговлю продукцией, полученной с помощью генной инженерии. Требовалось также укрепить принцип «Не навреди!». Эти переговоры с треском провалились. Расколотый на три лагеря мир не смог договориться. США и ряд других стран, являющихся основными производителями сельскохозяйственной продукции в мире, требовали режима «открытых границ». Другие участники переговоров выступали против этого. Они указывали на то, что безвредность новых продуктов для природы и людей не доказана. Требовали, чтобы фирмы-производители

несли юридическую и финансовую ответственность в случае, если их новые товары начнут наносить вред.

Еврокомиссия не дала разрешение на посадку в Испании, Португалии и других странах Европы американской генетически модифицированной кукурузы. В результате США понесли убыток в размере 200 миллионов долларов. Австрия и Люксембург вообще запретили в своих странах коммерческое выращивание растений с измененными генами. Фермеры Греции с черными флагами в руках растоптали плантации трансгенных помидоров. А английские «зеленые», надев резиновые костюмы и маски химзащиты, совершили нашествие на поля экспериментальной генетической плантации в Оксфордшире (70 километров от Лондона).

Ситуация накаляется. Страсти кипят. Даже в инертной России Минздрав решил с 1 июля 1999 г. проводить медико-генетическую экспертизу импортных сельскохозяйственных продуктов. И в США Национальная академия наук создала в 1999 г. комиссию из 18 экспертов, которые официально должны давать заключение о пользе или вреде генетически измененных растений и животных. Чем завершится эта борьба, сказать трудно. Возможно, генные инженеры более активно будут переключатся с растений, как источника пищи, на что-то иное. Ведь уже созданы прототипы растений, содержание целлюлозы в которых во много раз больше обычного, что позволит выпускать бумагу с низким уровнем токсичных отходов. Можно попробовать и выращивать растения, содержащие углеводороды, что позволило бы решить проблему уменьшающихся запасов нефти на планете.

Между тем, проблемы голода и глобального экологического кризиса как-то надо решать, а пока иной реальной альтернативы, чем генетически модифицированные организмы, никто и не предлагает...

БИОСОЦИАЛЬНАЯ ПРИРОДА ЧЕЛОВЕКА. ЭРА САМОКОНСТРУИРОВАНИЯ НОМО SAPIENS

Говоря о генно-технологической революции, важно помнить, что речь идет о понятии существенно более широком, чем генная инженерия. То, что мы сегодня переживаем, не просто технологическая революция в расшифровке ДНК и манипулировании ее структурой, но революция в биологии, лежащая в основе такой способности. Подобная научная революция приводит к открытиям и прорывам во многих смежных областях, помимо молекулярной биологии, потому что оно расширяет наши знания о мозге, источнике человеческого поведения, а следовательно, и возможности управлять им. И научное наступление во всех этих областях имеет потенциальные политические последствия.

Одна из причин биотехнологического бума – демографическая ситуация в развитых странах, население которых стремительно стареет. К 2050 г., считается, каждый четвертый житель нашей планеты будет старше 60 лет, а в Европе престарелые граждане составят до 40 процентов населения. Никаких денег не хватит, чтобы содержать такое количество неработающих людей, обеспечив им приличную жизнь. Выход из этого кризиса только один – предложить биопродукты, способные продлить период активной жизни стареющего поколения, чтобы снизить нагрузку на экономику через повышение планки пенсионного возраста. Чтобы человек уходил на заслуженную пенсию, скажем, не в 60, а в 100 лет. Эту идею сейчас повсеместно обсуждают в развитых странах, и здесь вновь могут помочь ДНК-технологии. Тем не менее, некоторые критики противостоят идеологии и новшествам биотехнологии чуть ли не по всем вопросам. Это требует специального анализа, учитывая весьма реальную пользу ДНК-технологии для конкретных людей и медицины, а также пользу, которую приносят эти новшества в повышение производства сельскохозяйственной продукции при параллельном уменьшении антропогенной нагрузки на биосферу. Такое категори-

ческое противостояние трудно объяснить простыми причинами. Тем более, что есть масса новых предполагаемых для производства веществ и продуктов. Несмотря на очевидные достоинства, это направление не будет иметь необходимого развития и внедрения без общественного признания.

Прежде чем перейти к конкретным моральным проблемам внедрения биотехнологических разработок, следует обсудить общие принципы их развития. Все биохимические процессы в клетке взаимосвязаны и взаимозависимы, тем не менее, часть из них преимущественно выполняет функцию построения клеточного материала, а часть – снабжения источниками энергии этих «строительных работ». Поэтому разделяют биохимические процессы на два основных типа: ассимиляционные (конструктивные), называемые *анаболизмом*, включающим синтез низкомолекулярных предшественников и построения из них молекул биополимеров, и диссимиляционные (энергетические), называемые *катаболизмом*, состоящим в обеспечении организма энергией, приводящего в движение, в том числе и анаболизм.

Необходимо иметь в виду два обстоятельства. Первое: в клетке на самом деле не существует резкого разграничения энергетических и конструктивных процессов. Как правило, в результате реакций катаболизма образуются такие промежуточные продукты, которые могут «подхватываться» ферментами анаболизма и использоваться для построения веществ клетки. Второе: в живой клетке широко применяется принцип организации биохимических процессов в виде метаболических циклов, когда исходный и конечный компоненты в реакции идентичны и циклы могут функционировать неопределенно длительное время при условии притока субстратов и оттока продуктов.

Многие гены кодируют белки, участвующие в качестве ферментов в тех или иных метаболических реакциях. Мутация в таком гене может привести к тому, что организм будет вырабатывать менее активный или совсем неактивный фермент, а иногда и к полному прекращению синтеза фермента. При этом реакция, в норме катализируемая данным ферментом, либо замедляется, либо вообще не

происходит, что и обуславливает соответствующее наследственное нарушение – одно из так называемых врожденных нарушений метаболизма. Таких нарушений известно много. Степень их влияния на фенотип зависит от того, насколько важен затронутый фермент для организма. Например, болезнь Тея-Сакса и кистозный фиброз приводят к смерти. Некоторые другие генетические аномалии вызывают в организме различные серьезные нарушения, однако не являются летальными.

Фенилкетонурия и альбинизм затрагивают один и тот же метаболический путь. Фенилкетонурией страдают индивидуумы, гомозиготные по рецессивному гену, лишаящему их способности синтезировать один из ферментов, необходимых для превращения аминокислоты фенилаланина в другую аминокислоту – тирозин. Вместо того чтобы превращаться в тирозин, фенилаланин превращается в фенилпировиноградную кислоту, которая в токсических количествах накапливается в крови, поражает головной мозг и (если вовремя не прибегнуть к лечению) вызывает умственную отсталость. Моча больных также содержит фенилпировиноградную кислоту, придающую ей характерный запах. В настоящее время фенилкетонурию лечат при помощи специальной диеты. Для этого в первые годы жизни ребенка из его рациона почти полностью исключается фенилаланин. По завершении развития головного мозга больного с фенилкетонурией переводят на обычный рацион; однако женщине с таким генетическим нарушением следует во время беременности придерживаться диеты с низким содержанием фенилаланина, чтобы предотвратить аномальное развитие головного мозга плода. В США во всех штатах все новорожденные в обязательном порядке подвергаются специальным тестам на фенилкетонурию и на некоторые другие врожденные нарушения метаболизма.

У индивидуумов, гомозиготных по гену альбинизма, отсутствует фермент, в норме катализирующий превращение тирозина в меланин, т. е. пигмент, от которого зависит коричневый или черный цвет глаз, волос и кожи. У альбиносов белые волосы и очень светлая кожа и глаза. Естественно, может возникнуть вопрос, не являются ли больные с фенилкетонурией тоже альбиноса-

ми, поскольку в их организме отсутствует тирозин, из которого в конечном счете, и получается меланин. Однако такие больные не альбиносы, потому что тирозин не только образуется в самом организме из фенилаланина, но и поступает в организм с пищей. Правда, больные с фенилкетонурией обычно бывают светлоглазыми и светловолосыми. Могут и среди них встретиться альбиносы, но лишь в том случае, если данный индивидуум гомозиготен по обоим рецессивным генам. Наблюдаемое взаимодействие касается первичных продуктов генов – ферментов, и только их кооперация ведет к возникновению пигмента.

Поскольку точно проследить путь гена до фенотипически выраженного признака нелегко, в большинстве случаев приходится опираться на внешние признаки неизвестной деятельности генов. Отсюда можно ввести такое понятие, как генная сеть, под которой понимается совокупность координированно проявляющих свое действие генов, их белковых продуктов и взаимосвязей между ними. В генной сети можно выделить несколько обязательных типов компонентов, таких как:

- 1) группы координировано функционирующих генов (ядро сети);
- 2) белки, кодируемые этими генами (выполняющие как определенные структурные, транспортные, биохимические, так и регуляторные функции);
- 3) отрицательные и положительные обратные связи, стабилизирующие параметры генной сети на определенном уровне или, напротив, отклоняющие их от исходного значения;
- 4) низкомолекулярные соединения (метаболиты и др.) и различные внешние сигналы, обеспечивающие переключение состояний генной сети.

Особенностью протекания биохимических реакций в организме является их разделение во времени и пространстве. Для полного описания генных сетей необходим анализ протекающих в них процессов на уровне целого организма. В этом случае возможно описание генных сетей, отдельные части которых распределены по раз-

личным частям организма, таким, как органелла, клетка, органы и ткани. Во взаимодействии удаленных друг от друга клеток организма ключевую роль играют молекулярные сигналы нейроэндокринной системы. Во многих случаях можно определить направленность процессов в пределах определенного фрагмента геномной сети, выделить входной поток – путь передачи сигнала с рецепторов клетки к гену и выходной поток – процессы, происходящие в клетке после ответа генов на внешний сигнал. Характерная особенность организации геномных сетей – их способность к саморегуляции за счет замкнутых регуляторных контуров с отрицательными и положительными обратными связями. Молекулярной основой существования таких регуляторных контуров является наличие сайтов – мишеней в ДНК, РНК и белках, с которыми могут взаимодействовать различные молекулярные компоненты геномной сети и внешние регуляторные факторы. Благодаря этим двум типам регуляторных контуров возможно поддержание определенного функционального состояния геномной сети или ее переход в другой режим функционирования, в том числе и под влиянием факторов внешней среды.

Генетическая основа поведения

Наличие у человека стабильной генетически запрограммированной природы на протяжении всей его истории имело колоссальные политические следствия. Как считал Аристотель, люди, к сожалению, по натуре – животные, но, к счастью – культурные, то есть они умеют учиться на опыте и передавать этот опыт своим потомкам не генетическим образом, так называемое культурное наследование. Следовательно, человеческая природа жестко не определяет поведение человека, но ведет к большому разнообразию в способах воспитания детей, правления, добывания средств к существованию и т. д. Постоянные усилия человечества по самоизменению своей биологической природы – вот что создает человеческую историю, культуру, прогрессивный рост сложности и разветвленности человеческих институтов.

Одной из основных проблем генетики является проблема реализации генетической информации в сложных формах поведения.

В последние десятилетия получены принципиально новые данные о роли **медиаторов (нейротрансмиттеров)**¹ мозга в регуляции поведения, эмоциональности, физиологических функций. Широкие перспективы, открывшиеся для понимания механизмов регуляции поведения и эмоционального состояния и возможностей влиять на них, поставили медиаторы в центре внимания исследователей мозга.

В то же время генетический контроль медиаторов и его роль в генетической детерминации поведения изучены крайне слабо, несмотря на очевидность того, что путь от гена к такому признаку, как различные формы поведения, должен включать генетический контроль медиаторов, регулирующих эти формы поведения. Показано, что генетическая регуляция медиаторных систем мозга является существенным элементом регуляции поведения как в норме, так и патологических его форм. Установлено, что селекция высших животных по поведенческим признакам фактически является селекцией на определенную функциональную активность медиаторных систем мозга, участвующих в регуляции данного вида поведения. Так, селекция на низкую агрессивность по отношению к человеку сопровождается повышением уровня и изменением метаболизма «классического» медиатора мозга **серотонина**, играющего роль ингибитора в регуляции ряда видов агрессивного поведения. Существенно, что сходные изменения в метаболизме серотонина при селекции на **доместикационный**² тип поведения обнаружены у представителей разных родов животных, таких как серебристо-черные лисицы и крысы-пасюки. Следовательно, селекция на низкую агрессивность ведет к наследственно закрепляемой перестройке серотониновой системы мозга, проявляющейся в усилении и накоплении этого ингибирующего агрессивность признака. Эта перестройка, по-видимому,

¹ Медиатор (нейротрансмиттер) – вещество, передающее нервный импульс с одной нервной клетки на другую. Отделы нервной системы человека, выполняющие специфические функции, используют в качестве нейротрансмиттеров разные вещества.

² Доместикация – одомашнивание. Доместикационный тип поведения вырабатывается у животных, которые в результате одомашнивания становятся способными жить рядом с человеком – прежде всего, теряют агрессивность по отношению к хозяину и становятся управляемыми.

является одной из основ изменения поведения животного и наследственно закрепляемого превращения в совершенно новый тип, характеризующийся поведением, не свойственным его дикому сородичу.

Основными элементами, через которые осуществляется генетический контроль функционального состояния медиаторных систем мозга, для небелковых медиаторов являются ключевые ферменты их метаболизма. Для серотониновой системы мозга таким ферментом является *триптофангидроксилаза*, активность которого контролируется одним геном. Активность триптофангидроксилазы в стволе мозга, например, мышей коррелирует с внутривидовой агрессивностью самцов и с некоторыми физиологическими процессами, в регуляции которых принимает участие серотонин. К ним относятся устойчивость мышей различных линий к охлаждению и такой показатель стрессорной реактивности, как интенсивность образования у мышей разных линий язв желудка, вызванных эмоциональным стрессом.

Генетические исследования говорят в пользу прямой связи на молекулярном уровне между генами и специфичным человеческим поведением. Это прослежено на примере многих семей. Известный пример, когда изучение одной голландской семьи, за которой числились многие случаи агрессии, вывело на гены, управляющие выработкой ферментов *моноаминоксидаз*, или *МАО*. Исследование на мышах показало, что аналогичный дефект в генах, управляющих синтезом МАО, вел к крайней агрессивности.

История человечества показывает, что в конечном итоге личности могут научиться подавлять свои порывы, в частности, если их учат должному поведению на соответствующей стадии развития. Общество тоже может много сделать, чтобы принудить личность к такому самоконтролю, а если этот самоконтроль отказывает – то для предотвращения преступления или наказания преступления совершившегося. Социальные факторы приводят к впечатляющему разбросу цифр преступности в разных обществах, например, в Нью-Йорке в год совершается убийств больше, чем во всей Японии. Такие закономерности в одном и том же обществе наблюдаются в разные времена. Но социальный контроль действует в контексте биоло-

гических импульсов. Причем цифры убийств меняются согласно определенным предсказаниям эволюционной биологии – например, бытовые убийства чаще происходят с участием людей, не состоящих в кровном родстве (муж и жена, например, или отчим и приемные дети), чем кровных родственников.

Каково бы ни было соотношение между генами и средой как источниками преступности, ясно, что дискуссия на эту тему в современном мире затруднена. Причина – в человеческой истории и традициях. Афроамериканцы занимают непропорционально большую долю в криминальном населении США, однако любое предположение о генетической компоненте этого явления будет воспринято как утверждение, что афроамериканцы генетически более предрасположены к преступлению. Как правило, исследователь не имел в виду подобного научного расизма, но у людей все равно останутся серьезные подозрения, что каждый интересующийся данной темой обязательно должен иметь расистские мотивы.

Однако *наша способность управлять поведением человека становится через какое-то время напрямую зависит от развития ДНК-технологии*. Практически все предсказываемые возможности, связанные с развитием геномной инженерии, мы куда вероятнее и куда быстрее сможем осуществить посредством *нейрофармакологии*. И нам предстоит большие демографические сдвиги популяций, которым станут доступны новые биомедицинские ДНК-технологии, изменения не только в распределении полов и возрастов, но и в качестве жизни существенных групп населения.

Влияние факторов внешней среды на проявление различных признаков, контролируемых системами, состоящими из многих генов, можно проиллюстрировать множеством различных примеров. Так, американский генетик Р. Левонтин отмечает, что даже мыши, выведенные генетически идентичными, по-разному реагируют на яд в окружающей среде и что отпечатки пальцев идентичных близнецов никогда не совпадают. Есть такой вид горных растений, у которого внешний вид полностью меняется в зависимости от высоты, на которой они растут. Хорошо известно, что младенцы, независимо от генотипа, сильно отличаются физически и умственно в за-

висимости от поведения матери в период беременности – пьет ли она, принимает наркотики, достаточно ли хорошо питается и т. д. То есть *взаимодействие индивида со средой начинается задолго до рождения; свойства, которые мы привыкли относить к природным, являются, следовательно, продуктом сложного взаимодействия генетических факторов и среды.*

В то же время это не отменяет биологической природы человека. Под влиянием еды может меняться средний рост, но не может рост человека превысить некоторый верхний предел или оказаться меньше нижнего, и не может средний рост женщин оказаться больше среднего роста мужчин. Эти параметры задаются природой. Более того, в большинстве своем свойства людей не подобны свойствам горных растений, имеющих совершенно разные формы на разных высотах. Дети не отращивают мех, если родились в холодном климате.

Таким образом, важно не то, влияет ли среда на поведение и свойства, типичные для человека как вида, важно – насколько влияет. Степень наследуемости какого-либо свойства или вида поведения сильно варьирует. Предпочтения в музыке практически полностью формируются средой, которая почти не оказывает влияния на такие генетические болезни, как хореза Гентингтона и др.

Знать степень наследуемости конкретной характеристики очень важно, если она существенна. Например, у индивидуумов с низкой оценкой *коэффициента интеллекта (IQ)* такая оценка часто зависит не от природных генетических причин (отбор по этому признаку в популяции уже прошел), а от влияния экологической, социальной и культурной среды. То есть имеется надежда на возможность сдвинуть средние значения этого показателя, сочетая контроль питания, воспитания и социальной политики.

Аргументы о том, что генотип не всегда определяет фенотип, относятся ко всем видам. Другого рода доводы против видоспецифичной природы человека применимы почти исключительно только к нему: *люди суть культурные животные, которые могут изменять свое поведение путем самообучения и передавать обретенные знания и умения следующим поколениям не генетическим путем. Это*

значит, что пределы изменения и модификации поведения человека куда больше, чем у любого другого вида.

Система родства у человека простирается от сложно устроенных кланов и родов до неполной семьи с одним родителем, чего нет в системе родства шимпанзе или летучих мышей. Допустим, что наше культурное многообразие соответствует генетической разнокачественности. Отсюда следовал бы вывод, что граждане долго существующих демократий иные и имеют иную генетическую конституцию, нежели те, кто привык жить под диктатурой. Но мы знаем, что мировоззрение жителей тоталитарных государств сильно изменилось под влиянием поражения и открытия правды о военных преступлениях, пример – Япония и Германия.

В популярной печати пишут о «генах» что угодно, от рака груди до агрессивности, и это дает читателю ложное ощущение конечного биологического детерминизма; тут полезно было бы напомнить, что культура и социальные конструкции продолжают играть в нашей жизни важную роль. Однако оценка наследуемости коэффициента интеллекта IQ в сорок – пятьдесят процентов уже содержит в себе оценку влияния культуры на IQ и подразумевает, что даже если принять в расчет культуру, все равно останется еще существенный наследуемый компонент.

Аргумент, что человеческой природы не существует, поскольку люди – культурные животные и способны обучаться, в корне неверен. Ни один серьезный мыслитель никогда не отрицал, что люди суть культурные создания или что они могут с помощью самообучения, образования и социальных институтов формировать свой образ жизни. Аристотель отмечал, что человеческая природа не приводит нас автоматически к нашим зрелым формам так, как вырастает желудь на дубе. Процветание человека зависит от тех достоинств, которые человек должен приобретать осознанно. Такая вариабельность индивидуального развития отражается в вариабельности представлений о справедливости, несмотря на то что «природной» справедливости не существует, «все нормы справедливости изменчивы». Тем не менее, нужно чтобы кто-то основывал города, писал законы для этих городов, основанные на

представлениях о справедливости, соответствующих имеющимся условиям. Аристотель замечает, что хотя «правая рука обычно сильнее левой, но любой человек может научиться одинаково действовать обеими руками»: воздействие культуры может преодолеть природу. В системе Аристотеля достаточно места для того, что мы сегодня называем культурными вариациями и историческим развитием.

Другое важное положение о человеческой природе, как считал Гегель, это то, что *борьба за общественное признание есть чисто человеческое явление – даже в каком-то смысле центральное, определяющее суть человека*. Но под человеческой жаждой признания, как сейчас выяснено, кроется биологическая основа, которая наблюдается и у многих других видов животных. Представители многих видов выстраиваются в иерархию подчинения. У приматов (родственников человека, таких как гориллы и особенно шимпанзе) борьба за статус в иерархии подчинения очень напоминает человеческую. Самцы-шимпанзе образуют коалиции, интригуют друг против друга, друг друга предают и очевидным образом испытывают эмоции, весьма напоминающие гордость и гнев, когда их ранг в колонии признается или не признается собратьями.

Конечно, человеческая борьба за признание сложнее, чем у животных. Люди, обладающие умом, интеллектом, памятью, способностью к обучению, даром абстрактного мышления, могут направить борьбу за признание на созидательную деятельность – идеологию, религию, должности, премии и другие символы почета, остальные – действовать по рецепту Герострата. Генетики доказывают, что *жажда общественного признания, уважения, власти* связана с уровнем серотонина в мозгу. Было показано, что у обезьян, находящихся в самом низу лестницы подчинения, уровень серотонина низок, и наоборот, когда самец обезьяны добывает себе статус самца-альфа, он испытывает «серотониновый прилив».

Науки о жизни расширили знания о природе человека и его поведении, и потому необходимо пересмотреть некоторые наши знания о человеческой природе. Тогда станет ясно, какие из них устойчивы, какие опровергнуты, а какие необходимо модифицировать в

свете того, что нам уже известно. Более важным является попытка выделить свойства, уникальные для вида, поскольку они играют ключевую роль в понимании вопроса о видовых особенностях поведения человека.

Многое из того, что узнали о человеческой природе, касается видоспецифичных способов, с помощью которых мы воспринимаем и усваиваем информацию и интеллектуально развиваемся. У людей свой способ познания, отличающийся от способов других высокоразвитых млекопитающих, таких, например, как обезьяны и дельфины. Человеческий способ позволяет накапливать новые знания, но не бесконечно. Очевидным примером является язык. Реальные человеческие языки условны, и одна из величайших пропастей, разделяющих группы людей, есть взаимное непонимание различных языков. С другой стороны, как мы видим, способность усваивать языки универсальна и определяется некоторыми биологическими свойствами человеческого мозга. Предполагают, что существуют «глубинные структуры», лежащие в основе синтаксиса всех языков. Идея о том, что эти глубинные структуры являются врожденными, генетически запрограммированными аспектами развития мозга, сегодня широко принята. Гены, а не культура, гарантируют появление способности к изучению языка в какой-то момент первого года жизни ребенка, и уменьшение этих способностей, когда ребенок достигает отрочества.

Генетические основы познавательных способностей и интеллекта

И Платон, и Аристотель считали, что разум не есть просто совокупность когнитивных способностей, данных нам при рождении, а представляет собой в некотором роде бесконечное стремление к знаниям и мудрости, которое надо культивировать у молодых посредством образования, а в зрелом возрасте – накоплением жизненного опыта. Человеческий разум не диктует единый набор приемов или наилучший образ жизни. Но он дает людям возможность вдаваться в философские рассуждения о природе справедливости или о наилучшем образе жизни, основанном как на их неизменной

природе, так и на изменяющейся среде. Открытый характер человеческого стремления к знаниям полностью совместим с концепцией человеческой природы – и действительно, оно составляет для классических философов критически важную часть того, что они понимали под человеческой природой.

Результаты исследований в области генетики поведения показывают выраженные корреляции в поведении у однояйцевых (генетически идентичных) близнецов, несмотря на их воспитание у разных родителей, или в разных экономико-социальных средах. Главная проблема связана с тем, что считать иной средой. Но, несмотря на это, во многих случаях у разлученных близнецов сохраняется много общих внешних обстоятельств, и невозможно разделить естественное и культурное влияние. Среди «общих обстоятельств» можно назвать чрево матери, оказывающее сильнейшее влияние на процесс превращения генотипа в фенотип, или в человека. Однояйцевые близнецы по необходимости созревают в одном и том же чреве, но если бы те же зародыши вырастить в разных утробах, результат мог бы быть совершенно другим, если мать одного из них плохо питается, пьет или принимает наркотики.

Второй, и менее точный способ выяснения естественных источников поведения – это проведение сравнительно-культурологических наблюдений над конкретной чертой или видом деятельности. Сейчас имеется весьма богатый этнографический материал по целому ряду различных человеческих обществ, как существующих ныне, так и известных лишь по археологии или истории. Если некоторое свойство проявляется практически во всех известных обществах, мы можем высказать уверенное, хотя и продиктованное обстоятельствами, суждение, что оно связано не со средой, а с генами. Этот подход обычно применяется в *этологии* – сравнительном изучении поведения животных.

Вся трудность в том, что в поведении людей куда больше разнообразия, чем в поведении животных, поскольку люди в намного большей степени являются существами культуры; их учат поведению законы, обычаи, традиции и другие влияния, социально сконструированные, а не природные. Определенные культурные черты,

обычные на Западе, например, сексуальная ревность или нормы половой жизни для девушек-подростков, не приняты в некоторых экзотических или не западных культурах.

Мы знаем, что человеческие популяции генетически неоднородны. Сейчас есть возможность изучать различия в распределении различных вариантов (аллелей) одного и того же гена и сопоставлять их с этническими, социальными и т. п. различиями. Например, известно, что разные группы населения в мире имеют разное распределение групп крови. Лишь около 40% европейцев имеют кровь группы 0, в то время как у американских индейцев почти исключительно встречается только эта группа крови. Аллели, связанные с серповидно-клеточной анемией, чаще встречаются у афроамериканцев, чем у белых. Специалист по популяционной генетике Луиджи Лука Кавалли-Сфорца реконструировал историю миграций ранних людей из Африки в другие части света на основе распределения митохондриальной ДНК, связал эти данные с развитием языков и создал историю эволюции каждого языка.

Декартовская догадка о том, что существуют врожденные формы человеческого познания, получила за последние годы огромное количество эмпирических подтверждений, но одновременно встретила и сильное сопротивление. Связано это с тем, что многие считают, мозг – это что-то вроде универсального компьютера, который может принимать и обрабатывать сенсорные данные, ему передаваемые. Но его память в момент рождения, по сути, пуста.

Аналогично многие исследователи в области искусственного интеллекта предполагают, что мозг есть просто органический компьютер большой сложности, который можно идентифицировать внешними характеристиками. Если машина может решать познавательные задачи, такие как поддержание беседы так, чтобы внешне это нельзя было отличить от тех же действий, совершаемых человеком, то внутренне она тоже от человека отличаться не будет. Почему это должно быть адекватным тестом ментальности человека – непонятно, поскольку машина точно не будет иметь никакого субъективного осознания своих действий, как и связанных с ними чувств. Пока трудно представить, как они обретут человеческие

эмоции. Вероятность того, что это произойдет, кажется весьма далекой. Но если это будет реализовано, то будет иметь серьезные последствия для концепции человеческого достоинства, поскольку будет логически доказано, что люди суть не более чем сложные машины. Проблема здесь не только в том, что никто еще не понял, что представляют собой эмоции (как и сознание) онтологически; никто пока не понял, какую роль они сыграли в развитии разума.

Смысл обсуждения вопросов интеллекта и генетики не в том, чтобы выступить на стороне одной теории интеллекта против другой или за какую-то конкретную оценку наследуемости интеллекта. Наблюдения наводят на мысль, что интеллект представляет собой действие не единственного фактора, а проявление ряда тесно связанных способностей. Здравый смысл исследователя подсказывает, что дальнейшее изучение интеллекта на молекулярном уровне не приведет к радикальным расовым различиям в развитии интеллекта. Слишком кратко с точки зрения эволюции время, прошедшее после разделения рас, а степень генетических различий между расами при исследовании свойств, которые можно измерить (например, распределение групп крови), слишком мала, чтобы предполагать, будто в этом отношении могут существовать сильные групповые различия.

Вопрос здесь иной. Если даже не произойдет новых прорывов в геной инженерии, которые позволят манипулировать интеллектом, само накопление знаний о генах и поведении будет иметь политические последствия. Они могут быть различны. Молекулярная биология может снять с генов ответственность за важные различия между личностями и социальными общностями, как научные исследования размеров черепа у различных рас дискредитировали претензии расистских теорий на научность в начале XX в. С другой стороны, науки о жизни могут сообщить нам новости, которые общество предпочло бы не слышать. Многие желали бы просто давлением общественного мнения подавить все утверждения о связи генов и интеллекта как расистские по существу и относящиеся к лженауке. Но само развитие науки не позволит пойти по этому пути. Накопление знаний о молекулярных воздействиях на память позволит в будущем дать оценки наследуемости интеллекта куда

более точные. Способы отображения мозга, такие как позитронная томография, функционально-резонансное отображение и магнитно-резонансная спектроскопия, позволят выделять те или иные структуры мозга, вовлекаемые в различные психофизиологические процессы, динамически отображать ток крови и включение нейронов, сопоставляя их результаты с различными видами умственной деятельности.

По-видимому, когда-нибудь можно будет достичь некоторой определенности в вопросе о том, отражает ли величина IQ развитие интеллекта в целом или является суммой специфических интеллектуальных способностей.

Тот факт, что плохая наука в прошлом использовалась для плохих целей, не дает нам гарантии, что в будущем хорошая наука будет служить только тем целям, которые мы считаем хорошими Распространяющееся и усиливающееся использование новых достижений нейрофармакологии, например таких препаратов, как риталин и прозак, показывает, насколько охотно общество готово применять новые технологии для изменения самих себя.

Лично меня это пугает. Если одна из ключевых составляющих нашей природы – нечто такое, на чем мы основываем понятие нашего достоинства – связана с гаммой нормальных эмоций, общих для всех людей, то общество уже пытается сузить их диапазон ради утилитарных целей: здоровье и удобство. Психотропные средства не меняют клеток зародышевых путей и не дают наследуемых эффектов, что сможет когда-нибудь сделать генная инженерия. Но их существование уже поднимает важные вопросы о значении человеческого достоинства и человеческой природы и является предвестниками будущих проблем.

Человеческая природа – это то, что обеспечивает способность овладевать социальными навыками, необходимыми для жизни в обществе, и служит основой философских дискуссий о правах, справедливости и морали. В общем, при биотехнологической революции главное – это эмоциональные основы человеческого нравственного чувства, бывшие неизменными с момента появления человека. Может быть, мы обречены выйти за пределы этого нравственного

чувства. Но если эволюция человечества пойдет по этому пути, то мы должны решительно принять и понять последствия отказа от природных стандартов добра и зла и признать, как признавал Ницше, что это может привести нас в страну, куда мало кто из нас хотел бы попасть.

Гены и сексуальность

Мало кто станет отрицать, что сексуальность имеет серьезные биологические корни, и с утверждением, что разница между мужчиной и женщиной определяется биологией, а не социальным влиянием, куда труднее спорить, чем с аналогичным суждением о расовых различиях. В конце концов расовые и этнические группы людей (границы между которыми зачастую четко неопределимы) развились только за последние несколько тысяч или десятков тысяч лет, а половые различия существуют уже около сотен миллионов лет, то есть они куда старше человека. Мужчины и женщины различаются психологически, ментально, генетически (как известно, у женщин две хромосомы X, а у мужчин – пара XY) и неврологически.

Важным направлением в сегодняшнем феминизме является мнение, что все эти половые различия ограничиваются только телесностью, а психика мужчины и женщины по сути одинакова, хотя, как сейчас установлено, это не так. *Для социологов все половые различия становятся различиями гендерными, то есть разницей в способе социализации мальчиков и девочек на ранних этапах онтогенеза.* Но очень маловероятно, что это утверждение верно целиком и полностью, и существенный раздел эволюционной биологии последние лет двадцать подтверждает, что психика мужчин и женщин сформировалась под воздействием разных требований к эволюционной адаптации.

По вопросу же гомосексуальности многие люди занимают противоположную позицию: сексуальная ориентация не есть вопрос индивидуального выбора или социальных условий; она случайным образом закладывается в человека при рождении.

Считается, что головной мозг различных животных, в том числе и людей, сексуализируется в предродовой стадии под влия-

нием определенного уровня различных половых гормонов, набор которых генетически детерминирован. Исследования на мышах привели к гипотезе, что мужская гомосексуальность вызывается недостаточным предродовым воздействием мужского полового гормона – тестостерона.

Нейроанатомические исследования показали, что, действительно, существуют различия в структуре трех частей мозга между гетеро- и гомосексуальными мужчинами; и согласно данным различия особенно проявляются в гипоталамусе. Фактическая генетическая связь между определенным участком X-хромосомы и гомосексуальностью была описана с помощью анализа родословной группы мужчин, признающих свою гомосексуальность, установлена статистически значимая корреляция между сексуальной ориентацией и определенными генетическими маркерами хромосомного участка *Xq28*.

Сторонники левых политических убеждений нападают на самую идею наследуемости интеллекта и криминального поведения, но многие из них привержены идее существования «гена гомосексуальности», потому что концепция генетической причинности как бы освобождает геев от моральной ответственности за свое состояние.

«Правые» спорят: гомосексуальность – это выбор образа жизни. Если не считать нескольких болезней, связанных с нарушением единственного гена, таких как хорей Гентингтона, гены никогда стопроцентно не определяют окончательное состояние человека, и нет причины думать, что существование гена гомосексуальности означает, будто культура, нормы, возможности и другие факторы в сексуальной ориентации не играют роли. Тот простой факт, что есть много бисексуальных личностей, указывает, что сексуальная ориентация весьма пластична.

Гендерная идентичность, как и природа, имеет свои пределы. Левшей можно переучить писать и есть правой рукой, но это всегда будет трудно, и никогда они не будут ощущать этого «естественным». На самом деле гомосексуальность не отличается от интеллекта, криминальности или половой идентичности: это предрасположенность человека, частично определяемая наследственностью, а частично – социальной средой и личным выбором. Можно спорить

относительно сравнительного значения генетических и социальных причин в каждом случае, но само существование генетических факторов делает суждения по этой теме крайне поляризованными, поскольку предполагает ограничения человеческого потенциала и действия морали.

Одной из надежд общества двадцатого века было то, что прогресс естественных наук исключит биологию как существенный фактор в определении поведения человека. Во многих отношениях эта надежда оправдалась: у «научного расизма» не нашлось эмпирической базы, поскольку различия между расовыми и этническими группами или между мужчинами и женщинами оказались намного меньше, чем считали сразу после появления теории эволюции Чарльза Дарвина. Человечество на самом деле на удивление однородный вид. Но некоторые групповые различия (особенно между полами) остаются. И биология по-прежнему играет серьезную роль в объяснении различий индивидуумов в пределах популяций. Накопление в будущем знаний о генетике человека только увеличит наши знания об источниках поведения, а потому будет порождать бесконечные политические споры.

Научное знание о причинах сексуальности неизбежно поведет к поиску технологий для управления этими причинами. Например, существование физиологических коррелятов генов гомосексуальности – внутриутробных андрогенов, нейроанатомических различий или генов гомосексуальности – предполагает возможность, что в один прекрасный день найдется «лечение» от гомосексуализма. Допустим, мы в XXI в. придем к хорошему пониманию генетики гомосексуальности и найдем для родителей способ резко снизить вероятность рождения ребенка-гея. При этом не обязательно предполагать наличие генной инженерии; это может быть просто таблетка, обеспечивающая должный уровень тестостерона в матке для маскулинизации мозга развивающегося зародыша. Допустим, что это лечение дешево, эффективно, не дает заметных побочных эффектов и может быть проведено в тайне врачебного кабинета. Допустим далее, что социальные нормы вполне примирились с гомосексуальностью. Сколько будущих матерей согласятся принять эту таблетку?

Очевидно ли, что род человеческий улучшится, если избавить его от гомосексуальности? А если это не очевидно, можем ли мы оставаться безразличными к факту такого выбора, если он совершается родителями, а не принуждающим государством?

Не желая сводить все человеческое поведение только к проявлениям сексуальности, в конце своей жизни Фрейд разрабатывает уже не монистическую, а дуалистическую структуру инстинктов. Он вводит новую дуалистическую схему, согласно которой действующие в психике инстинктивные импульсы трактуются как проявление двух космических «первичных позывов» – Жизни и Смерти. Фрейд пришел к заключению, что в душе человека существует исконно присущее ей стремление к нарушению стазиса (от греческого *stasis* – неподвижность), застоя. Целью этого стремления является прекращение неизбежно возникающего в каждой жизни напряжения. Страсть к «отдыху» Великий Психиатр назвал Нирваной. Лежащие в его основе принцип и стремление – инстинктом смерти, Танатасом, существующим наряду с инстинктом жизни, Эросом. В сфере психоанализа бессознательное стремление к смерти (Танатос) рассматривается как одно из глубинных оснований человеческого поведения наряду с бессознательным стремлением к удовольствию (Эрос). Эти представления можно распространить и на человечество как вид. Есть мнение, что эпоха геной инженерии и является вариантом стремления к смерти человечества как вида, поскольку генетические манипуляции могут привести к замещению генофонда современного человека новым генофондом.

Биоэтика и евгеническое движение

XX век стал эпохой глубоких технологических преобразований, затронувших практически все области человеческой деятельности. Генетика на протяжении всего своего существования (более ста лет) остается наиболее динамично развивающейся областью биологии, ее теоретическим фундаментом и яблоком раздора для любого общества, начиная с работ Гальтона и кончая современным соматическим клонированием. Генетика – катализатор технологических инноваций в медицине, сельском хозяйстве, фармацевтической

промышленности и других бурно развивающихся областях, затрагивающих все стороны современной жизни.

Над всей генетикой издавна висит призрак евгеники – сознательного выведения людей с определенными свойствами при использовании методов селекции. Сам термин введен Фрэнсисом Гальтоном, двоюродным братом Чарльза Дарвина. В конце девятнадцатого – начале двадцатого века финансируемые правительством евгенические программы получили неожиданно широкую поддержку, и не только среди расистов правого крыла и социал-дарвинистов, но и среди таких прогрессивных деятелей, как социалисты Беатрис и Сидни Вебб и Джордж Бернард Шоу, коммунисты Дж. Б. С. Хэлдейн и Дж. Д. Бернал, феминистка и сторонник контроля над рождаемостью Маргарет Сангер. В США и других западных странах были приняты евгенические законы, позволяющие государству в принудительном порядке стерилизовать людей, объявленных «слабоумными», при этом поощряя людей с желательными характеристиками иметь как можно больше детей. Говоря словами судьи Оливера Уэнделла Холмса: «Нам нужны люди здоровые, добродушные, эмоционально стабильные, сочувствующие и умные. Нам не нужны идиоты, слабоумные, нищие и преступники».

Евгеническое движение в Соединенных Штатах почти прекратилось с открытием правды о евгенической политике нацистов – «расовой гигиены», включавшей в себя уничтожение целых категорий людей и медицинские эксперименты над теми, кто считался генетически низшим.

Фундаментом доктрины «расовой гигиены» в Германии были: теория естественного отбора Ч. Дарвина, трансформированная, применительно к человеческому обществу, в концепцию социал-дарвинизма; евгеника в ее менделевской интерпретации; расовые теории.

Нацистская идеология предусматривала «создание нового человека» арийской, нордической расы как результата своеобразного глобального евгенического эксперимента: а) очищения генофонда германской нации от чуждых ей примесей; б) увеличения частоты позитивных генов за счет создания благоприятных условий для размножения их носителей; в) завоевания жизненно

го пространства, необходимого для развития нордической расы. Генетика человека рассматривалась руководителями НСДАП как практический идеологический инструмент. Она стала инструментом массового уничтожения и насильственной стерилизации: лиц, среди предков которых были евреи и цыгане; всех, кто страдал наследственными болезнями и/или имевших наследственную отягощенность; так называемых носителей «криминальной наследственности» и т. п.

Необходимо помнить, что на первых порах меры по стерилизации умственно отсталых, слепых и глухих от рождения, больных хореей Гентингтона, шизофренией и маниакально-депрессивным психозом были поддержаны западной общественностью. Положение изменилось лишь в 1935 г., когда вновь принятый закон запрещал браки между немцами, имевшими среди предков евреев, и «чистокровными арийцами».

Масштабы геноцида и массовых убийств с началом Второй мировой войны стали непрерывно возрастать, уже без всякого рационального политического оправдания. В 1942 г. О. Фишер, например, заявил, что евреи и арийцы принадлежат к разным биологическим видам.

Только после Второй мировой войны были пересмотрены упрощенно однозначные представления о соотношении генетического и средового компонентов в формировании человеческой личности и механизмов наследственного контроля интеллекта.

Континентальная Европа получила тогда действительную прививку от любых попыток возродить евгенику и даже стала негостеприимной территорией для многих видов генетических исследований, особенно это отразилось на генетических работах в Германии. Реакция против евгеники была не всеобщей. В Японии, несмотря на то, что эта страна во время Тихоокеанской войны проводила медицинские «эксперименты» без согласия подопытных, движение против евгеники было куда слабее, чем в большинстве других стран Азии. Китай (как и другие страны азиатского региона) активно преследовал евгенические цели своей политикой в области здравоохранения и контроля роста населения.

Против ранних евгенических программ выдвигались два возражения, которые скорее всего не будут применимы к евгенике будущего, по крайней мере на Западе. Первое состояло в том, что евгенические программы не могли достичь поставленных целей при существующих в те времена технологиях. Многие дефекты и аномалии, против которых «евгеники», как они думали, боролись путем селекции, проводя принудительную стерилизацию, определялись рецессивными генами, которые, чтобы проявиться явно, должны быть унаследованы от обоих родителей. Многие с виду нормальные люди останутся носителями этих генов, и соответствующие свойства сохранятся в генофонде, разве что этих людей можно будет тоже выявлять и стерилизовать. Многие другие аномалии вовсе не являются собственно генетическими дефектами либо имеют своей причиной негенетические факторы, с которыми можно бороться улучшением здравоохранения. Например, во многих странах в некоторых деревнях сплошь живут дети с низким интеллектом, и это результат не дурной наследственности, а дефицита йода в питании детей.

Второе главное возражение против прежних форм евгеники состоит в том, что она находится на содержании у государства и носит принудительный характер. Даже в Соединенных Штатах суд имел власть объявить некое лицо имбецилом или дебиллом (термины весьма растяжимые, как часто бывает с определениями психических состояний) и распорядиться, чтобы это лицо было в принудительном порядке стерилизовано. Из-за распространенной тогда точки зрения, что целый ряд видов поведения наследуется, например, алкоголизм или преступные наклонности, государство получало власть над репродуктивной свободой значительной части своего населения. Некоторые наблюдатели считают, что главная проблема прежней евгеники – содержание за счет государства.

В настоящее время антропогенетика и евгеника продолжают оставаться наиболее политизированными областями исследований наследственности. При этом предметом политического противостояния выступают, прежде всего, вопросы: «Является ли определяющей (по сравнению с внешними факторами) роль наследственно-

сти в развитии интеллекта?» и «Возможно ли с помощью генетики оценить и точно диагностировать подобные различия с помощью так называемого «коэффициента интеллектуальности?». Утвердительный ответ на поставленные выше вопросы ассоциируется у их противников с неизбежностью последующего тезиса о более высоком значении межрасовой наследственной изменчивости в развитии интеллекта, по сравнению с внутрирасовой, что влечет за собой следующие обвинения в «научном расизме». Отрицательный ответ служит основанием для обвинения в ламаркизме и коммунизме. Сложившиеся в 50 – 60-е годы прошлого века в общественном сознании США ментальные и идеологические стереотипы характеризовались негативным отношением к проведению евгенических манипуляций с генофондом, а также к существованию таких наследственных межрасовых различий, которые определяются измерениями величины интеллекта. При этом качество интеллекта в массовом сознании достаточно прочно ассоциируется с определяющей ролью наследственности в его становлении и развитии. Работы подобного рода и до настоящего времени публикуются достаточно регулярно, постоянно вызывая ответную волну критических выступлений.

Концептуальное ядро этой модели включает три взаимосвязанных постулата: в ходе эволюции в каждой популяции формируется «эволюционно-стабильная стратегия» поведенческих реакций, которая не может изменяться за счет спонтанного появления редко встречающихся мутаций, не затрагивающих большую часть популяции; интегральная приспособленность популяции определяется не только репродуктивно активной ее частью, но и также носителями тех же генов, не оставляющими потомства, если их поведение способствует выживанию и размножению популяции; и следовательно, альтруистическое поведение эволюционно оправдывается тогда, когда оно способствует выживанию носителей тех же генов, что и «жертвующая собой» особь (даже если она не вносит своего вклада в генофонд следующих поколений).

Основная методологическая установка генетико-эволюционной модели – социальную и биологическую эволюцию человека следует считать как равноправные, взаимосвязанные и взаимообусловлен-

ные элементы целостной системы. Соответственные социальные и культурные особенности человека обуславливаются сложной цепью событий, начальное звено которой все же – генетические детерминанты.

Генотерапия

Методические и теоретические основы генотерапии разрабатываются, в первую очередь, с целью получения высокоэффективных и надежных способов лечения человека, однако задачами биотехнологий, в частности ДНК-технологий, являются и поиски приемов, направленных на повышение продуктивности сельскохозяйственных животных, а также разработку новых и экономичных методов их лечения.

По определению, связанному с дословным переводом термина, генная терапия – это лечение генами. Но такое определение не более чем внешняя аналогия с лекарствами. В общем под генной терапией подразумевают медицинский подход, основанный на введении в клетки и организм генных конструкций с лечебной целью. Желаемый эффект достигается либо в результате работы введенного гена, либо за счет частичного или полного подавления функции поврежденного или сверхэкспрессирующего, то есть работающего с вредной для организма интенсивностью, гена. Следует специально подчеркнуть, что генная терапия ставит целью лечение не генов, как это иногда считают, а заболевания организма с использованием генов. По сути же процесса генная терапия – это ремонт генов, а в дальнейшем – ремонт геномов, и наконец, реконструкция геномов.

Идеи о возможности введения в организм генов с лечебной целью были высказаны еще в начале 60-х годов XX в., однако реальные попытки такого рода относятся к концу 80-х годов и практически совпадают с развитием работ по тотальному секвенированию генома человека и созданию международной программы «Геном человека». В 1990 г. была осуществлена попытка лечения тяжелого, обычно несовместимого с жизнью, наследственного иммунологического заболевания (иммунодефицита), вызванного дефектом в гене, который кодирует синтез фермента аденозиндезаминазы (ADA).

Первые клинические испытания методов генной терапии были проведены уже в 1989 г. с целью генетического маркирования опухоли-инфильтрующих лимфоцитов в случае прогрессирующей меланомы. Маркированные прокариотическим геном *neoT*-лимфоциты, устойчивые к неомицину, легко отселектировались в культуре, что позволило детально проследить их судьбу в кровотоке и избирательное накопление в опухолях.

Стратегии генной терапии можно разделить на три крупных направления: восполнение недостающих функций клетки; модификация генетического аппарата клетки; подавление избыточных функций клетки.

Восполнение недостающих функций клетки. Это направление разрабатывает методы, обеспечивающие восстановление функций, потерянных клеткой вследствие выключения какого-либо гена или отсутствия этого гена. Чтобы вылечить такие клетки, нужно доставить ген, способный обеспечивать недостающую функцию.

Подавление избыточных функций клетки. Методы данного направления должны обеспечить возвращение к норме клеток, излишне проявляющих функцию вследствие болезни.

Модификация генно-терапевтического аппарата клетки предполагает модификацию клетки с целью усиления иммунного ответа организма на нежелательные явления, вызванные инфекцией или возникновением опухолей. Модификация также может заключаться во введении новой генетической информации в клетки-мишени иммунной системы или же в клетки самой иммунной системы.

Все три направления генной терапии должны решать следующие практические задачи: как доставить требуемый ген в организм; как обеспечить его экспрессию в нужных тканях; как обеспечить его нужную регуляцию; как добиться его пожизненного существования и экспрессии.

Последствия манипулирования генами или рекомбинантными ДНК, изучены недостаточно. Введение в организм человека последовательностей ДНК, не находящихся под контролем собственных им регуляторных элементов, может привести к непредсказуемым

изменениям метаболических процессов и вызвать функциональный дисбаланс. Современных представлений о структуре генома, его взаимодействиях с экзогенными ДНК и вирусными последовательностями, которые используются в качестве векторов для переноса генов, пока недостаточно для прогнозирования возможных нежелательных или неконтролируемых последствий такого вмешательства. Поэтому при разработке программ генной терапии принципиальное значение имеют вопросы безопасности предполагаемых схем лечения как для самого организма, так и для популяции в целом.

Наиболее существенным элементом в программе генной терапии является анализ последствий проводимых процедур. Он включает:

- поиск модифицированных клеток в организме пациента после переноса гена и отслеживание динамики этих клеток в определенных тканях. Этот поиск облегчается при наличии в конструкции маркерного гена;
- анализ экспрессии введенных генов путем идентификации и количественной оценки соответствующего РНК-транскрипта либо белкового продукта гена;
- анализ коррекции первичного биохимического дефекта;
- сопоставление полученных данных с результатами комплексного медицинского обследования;
- внесение необходимых исправлений и добавлений в проводимую схему лечения.

Несмотря на впечатляющие успехи генотерапии на модельных объектах в настоящее время имеется ряд принципиальных затруднений, препятствующих широкому использованию метода для лечения заболеваний человека. При проведении генотерапии необходимо выполнять, по крайней мере, следующие условия:

- 1) каждый ген, интегрированный в геном человека, должен нормально экспрессироваться и в случае необходимости адекватно отвечать на регуляторные сигналы организма;
- 2) интеграция гена в геном не должна сопровождаться инсерционным мутагенезом, нарушающим функционирование жиз-

ненно важных генов, и вообще оказывать неблагоприятное генетическое действие;

- 3) дефектный ген не должен оказывать отрицательного влияния на функционирование трансгена.

«Каждый человек имеет право родиться здоровым» – такой лозунг выдвинула Всемирная организация здравоохранения. Очевидная, кажется, вещь. Но сколько за ней стоит и медицинских, и этических проблем.

Искусство врачевания стоит на пороге своей новой эпохи, перед которой, пожалуй, померкнут открытие переливания крови и антибиотиков. В США утверждено для клинического испытания более двух сотен протоколов генно-инженерной терапии, которая позволит лечить наследственные болезни, до сего дня расценивавшиеся как непреодолимые.

Человек как объект технологических манипуляций. Философский и этический аспекты

ДНК-технология и генная инженерия возвратили евгенику в повестку дня, но ясно, что теоретические взгляды на методологию евгеники будут полностью отличны от тех, что были в 1900 – 1943 гг. на Западе.

Ситуация становится еще более запутанной, когда дискуссия о правах человека обращается к футурологическим вопросам вроде возможностей генной инженерии и клонирования. Например, специалист по биоэтике Джон Робертсон утверждает, что люди обладают фундаментальным правом на то, что он называет прокреативной свободой, которая включает как право размножаться, так и право отказываться от размножения, а следовательно, и право на аборт. Но право на размножение не ограничено размножением традиционным коитальным путем; оно применимо и к размножению, например, путем оплодотворения *in vitro*¹. Потому «генетический скрининг и селективные аборт, как и право вы-

¹ Дословно – в стекле, в пробирке.

бора партнера либо источника донорских яйцеклеток, спермы или эмбрионов, должны быть защищены законодательно как составные части прокреативной свободы». Для многих может оказаться сюрпризом, что у них есть фундаментальное право делать нечто, еще пока не совсем возможное технически, но такова уж современная политическая реальность.

Меняются методы генетических исследований, и прогресс генетического скрининга уже сейчас позволяет врачам определять носителей рецессивных свойств раньше, чем они решат завести детей, а будущее может дать возможность определять эмбрионы с высоким риском аномалий из-за двух унаследованных рецессивных генов. Информация подобного рода уже сейчас доступна, скажем, людям из популяции евреев-ашкенази, у которых выше обычного вероятность носительства рецессивного гена Тея-Сакса; два таких носителя могут решить воздержаться от брака или рождения детей. В будущем может оказаться, что генная инженерия гамет и зародышей даст возможность исключать подобные рецессивные гены у всех потомков конкретного носителя. Если такое лечение станет дешевым и достаточно простым, можно подумать об исключении подобного гена у всей популяции.

Более мягкая евгеника будет вопросом индивидуального выбора со стороны родителей, а не чем-то, навязанным гражданину государством. Родители уже делают такой выбор, когда с помощью амниоцентеза узнают, что у будущего ребенка высока вероятность синдрома Дауна, и принимают решение об аборте. В ближайшем будущем новая евгеника, вероятно, приведет к уменьшению числа абортов. И здесь не будет ни принуждения, направленного на взрослых, ни ограничения их права на размножение. Наоборот, у людей резко расширяется выбор репродуктивных возможностей, поскольку исчезает беспокойство о бесплодии, врожденных дефектах и многих других проблем. Более того, можно предвидеть время, когда репродуктивные ДНК-технологии станут настолько безопасны и действенны, что больше не понадобится уничтожать или повреждать эмбрионы. В будущем, вероятно, можно будет выбирать, какие гены передавать детям, то есть родители смогут делать свободный

выбор «генетического портрета» своих детей. Однако имеется три основанные группы возможных возражений, основанных на: 1) религии; 2) утилитарных соображениях; 3) философских принципах.

Вопрос о том, может ли евгенический или дисгенический эффект от использования геной инженерии стать настолько серьезным, чтобы сказаться на человеческой природе, точно так же останется открытым. Очевидно, что от любой формы геной инженерии, которая может значимо сказаться на генофонде популяции, потребуются доказательства ее желательности, безопасности и относительной дешевизны. «Младенец на заказ» подразумевает, что генетики найдут и картируют «гены» таких свойств, как интеллект, рост, цвет волос, агрессивность или самооценка, и с помощью этого знания создадут «улучшенный» вариант того же ребенка. Поначалу «младенцы на заказ» будут дороги и станут привилегией лишь весьма обеспеченных людей. Станет ли рождение младенца на заказ дешевым и относительно популярным, будет зависеть от стоимости таких технологий, как предимплантационная диагностика. Это будет главным итогом и сюрпризом современной геной технологии XXI века.

Интеллект часто упоминается как одна из первых и наиболее очевидных целей будущего генетического усовершенствования. Общество с более высоким средним уровнем интеллекта, возможно, станет богаче – настолько, насколько интеллект связан с производительными силами. Но преимущества более высокого интеллекта относительны, а не абсолютны. Люди хотят сделать своих детей сообразительнее, чтобы они, скажем, попали в Гарвард, но конкурс за места в Гарварде – это игра с нулевой суммой: если мой ребенок окажется благодаря геной терапии умнее и попадет в колледж, то он просто займет место вашего ребенка. Мое решение изготовить ребенка на заказ вовлекает в затраты вас (точнее, вашего ребенка), и в результате непонятно, выиграет ли кто-нибудь. Такой род генетической гонки вооружений сильнее всего ударит по тем, кто из религиозных или иных соображений настроен против изменения генов своих детей. Если все вокруг будут производить такие изменения, воздержаться будет существенно труднее – из страха поставить своего ребенка в невыгодное положение.

Упомянутые гены могут быть даже взяты не от человека. В конце концов, именно это делается в сельскохозяйственной биотехнологии. Генетически модифицированная кукуруза *Bt*, впервые разработанная различными биотехнологическими компаниями, имеет в своей ДНК чужой ген, который позволяет ей продуцировать белок, свойственный микробу *Bacillus thuringiensis* (отсюда символ *Bt*), токсичный для вредителей растений, например, европейского кукурузного точильщика. Таким образом, получившееся генетически модифицированное растение вырабатывает собственный пестицид и передает это свойство по наследству.

Реализация этой схемы у человека – пока наиболее отдаленная перспектива. Есть два пути: соматическая генная терапия и генная инженерия зародышевых клеток. При первом способе делается попытка изменения ДНК в огромном количестве клеток, обычно путем доставки модифицированного генетического материала с помощью вируса или «вектора». Трудность этого подхода связана с тем, что тело состоит из триллионов клеток, и чтобы терапия была эффективной, необходимо изменить генетический материал в миллионах клеток. Такая терапия не дает устойчивого эффекта.

Генная инженерия в зародышевых клетках давно уже осуществляется рутинно в сельскохозяйственной биотехнологии и успешно реализована у целого ряда животных. Модификация зародышевых клеток требует – по крайней мере в теории – изменения только одного набора молекул ДНК, то есть того, который содержится в оплодотворенной яйцеклетке. Эта яйцеклетка далее проходит деление и развивается в полноценный организм. В то время как соматическая генная терапия меняет ДНК соматических клеток, а потому действует лишь на индивидуума, подвергнутого лечению, изменения зародышевых клеток передаются потомкам. В этом и заключается привлекательность метода для лечения наследственных болезней, например, диабета.

Среди других изучаемых в настоящий момент новых технологий можно назвать создание искусственных хромосом, когда к сорока шести хромосомам, существующим в клетках человека, добавляется одна дополнительная. Эта хромосома может активизироваться,

лишь когда реципиент достигнет достаточного возраста, чтобы дать информированное согласие на это; и она не наследуется потомством. При таком способе устраняется необходимость изменять или заменять гены в существующих хромосомах. Таким образом, искусственная хромосома может создать мост между предимплантационным скринингом и перманентной модификацией генов зародыша.

Но чтобы подобная генетическая модификация человека стала возможной, необходимо преодолеть множество проблем, начиная например, с самой сложной задачи, из-за которой многие считают, что какая бы то ни было осмысленная генная инженерия сложного поведения просто невозможна. Выше мы отмечали, что многие болезни вызываются взаимодействием нескольких генов; бывает также, что один ген имеет несколько эффектов. Одно время считалось, что каждый ген продуцирует одну информационную РНК, которая, в свою очередь, продуцирует белок. Но поскольку в геноме человека на самом деле содержится порядка 30 000, а не 100 000 генов, эта модель оказывается несостоятельной, так как белков, составляющих тело человека, куда больше 30 000. Это заставляет предположить, что некоторые одиночные гены играют роль в создании множества белков, а потому имеют множественные функции.

Например, аллель, ответственная за возникновение серповидно-клеточной анемии, также дает иммунитет против малярии. Именно поэтому она широко распространена у африканского населения, где малярия – одно из главных заболеваний. А значит, исправление гена серповидно-клеточной анемии может повысить подверженность заболеванию малярией – пусть это не важно для обитателей Северной Америки, однако способно сильно повредить носителям нового гена в Африке. Гены теперь сравнивают с экосистемой, где каждый фактор влияет на все остальные.

Второе существенное препятствие на пути генной инженерии человека связано с этикой экспериментов на людях. Чтобы добиться успеха в клонировании одной единственной овечки Долли, потребовалось сотни неудачных попыток. Вряд ли кто-то захочет создавать человеческого младенца, пока шансы на успех не станут намного выше, и даже тогда процесс клонирования может дать дефекты, которые проявятся лишь через годы.

И последнее: ограничение любой будущей возможности изменения человеческой природы связано с массовостью. Даже если генная инженерия человека преодолеет первые два препятствия и добьется успеха в создании ребенка «на заказ», «человеческая природа» не изменится, если эти изменения не будут статистически значимы среди населения в целом. Совет Европы рекомендовал запретить генную инженерию человеческих эмбрионов, поскольку она затронула бы «генетическое наследие человечества». Но «генетическое наследие человечества» – это огромный пул генов, содержащий множество разных аллелей. Модификация, удаление или добавление этих аллелей в малом масштабе изменит наследственный материал индивидуума, но не всего рода человеческого. Горстка богатых людей, генетически модифицирующих своих детей для увеличения роста или повышения интеллекта, не сможет оказать влияния на рост или *IQ* вида в целом. Любые будущие попытки евгенически улучшить человеческую расу будут быстро задавлены естественным приростом населения.

Успехи ДНК-технологий и исследований стволовых клеток позволяют ученым регенерировать практически любую ткань тела, и ожидаемая продолжительность жизни перевалит далеко за сто лет. Если человеку потребуется новое сердце или печень, их просто вырастят в теле коровы или свиньи; повреждения мозга от болезни Альцгеймера или инсульта станут обратимыми.

Единственная проблема: есть множество аспектов старения человека, которые еще не до конца поддаются профилактике и лечению, например, изменения восприятия времени, уменьшение способности воспринимать новую информацию, сексуальную привлекательность и успех у партнеров репродуктивного возраста. В дальнейшем, возможно, возникнет проблема репродуктивной конкуренции различных возрастных групп.

Немало опасений вызывает возможность применения технологии клонирования по отношению к человеку (начиная от создания «живых банков органов» на случай болезни и кончая крахом гуманистических представлений о человеке как единственном и уникальном существе, неповторимой личности, если эту личность

окажется возможным тиражировать в любых количествах). Понятно, что должны будут измениться общечеловеческие нравственные ценности, которые затронут и такие традиционные институты человечества, как брак, семья, родственные связи.

Доводы о полной безвредности клонирования пока не всех успокаивают. Новые успехи клонирования в ближайшее время покажут, что требуются не отдельные ограничения, введенные в ряде стран, а общая позиция мирового сообщества. Ситуации похожи, и нужен глобальный вердикт, как о ядерных испытаниях, химическом и биологическом оружии.

Тем не менее, в январе 2001 г. британский парламент одобрил законопроект, разрешающий клонирование эмбрионов человека в терапевтических целях. Британские лорды большинством голосов (212 против 92) одобрили закон, разрешающий операцию клонирования с участием человеческих эмбрионов. Решение британского парламента вызвало большой резонанс, особенно в религиозных кругах. Лордов призывали одуматься и отказаться от законопроекта, ибо клонировать человека означает превышение своих полномочий и выход в другую реальность с трудно прогнозируемыми последствиями. Однако британские парламентарии сделали выбор в пользу миллионов тяжелобольных людей. «Мы обязаны уважать особый статус человеческого эмбриона, – заявил один из членов верхней палаты Великобритании лорд Хант, – но мы должны также уважать миллионы людей, страдающих разрушающими их организм недугами. Мы делаем выбор в их пользу». «Решение парламента позволит Великобритании стать мировым лидером в области биотехнологий», – тут же заявил британский премьер-министр Энтони Блэр. В Великобритании уже действуют 160 биотехнологических компаний. Страна получает десятки миллиардов инвестиций.

Прежде, согласно принятому в Великобритании акту о человеческом оплодотворении и эмбрионах (1990 г.), использовать в научных и лечебных целях можно было только эмбрионы, которые добровольно отдавали их родители. И их изучали в строго определенных целях: бесплодие, определение врожденных болезней и дефектов у будущего ребенка и т. п. Теперь же исследователи и медики

имеют возможность методом клонирования выращивать «лечебные» эмбрионы, что, как надеются ученые, произведет настоящую революцию в медицине.

Страсти вокруг клонирования тем временем не утихают. Ученый мир разделился на сторонников и противников клонирования, вторых много больше. Итальянский врач Северино Антинори, один из крупнейших эмбриологов Европы и лучший гинеколог Италии, прославился тем, что помог стать матерью женщине 63 лет. Затем он увлекся клонированием и вместе с группой единомышленников вознамерился клонировать человека. Когда в начале 2001 г. он публично заявил об этом, ему пригрозили запретом на профессиональную деятельность во всех странах Европейского союза. Клиника профессора Антинори – римский Институт репродукции человека. Основную полемику профессор ведет с Ватиканом. Святой престол, решительно выступающий против клонирования, Антинори называет не иначе как сборищем мракобесов и ретроградов.

Кто поддерживает Антинори, кто вместе с ним собирается клонировать человека? Специалисты с мировыми именами. Американский генетик греческого происхождения Панайотис Завос, глава медицинской корпорации, производящей лекарства от бесплодия (его лаборатория в Лексингтоне, штат Кентукки, продает препараты для искусственного оплодотворения). А также канадский эмбриолог Брижитт Босселье. Она руководит центром «Клонэйд» в Канаде и является членом секты раэлинов, которые недавно решили клонировать человека. Антинори, Завос и Босселье считают, что их экстравагантные эксперименты абсолютно необходимы широкой медицинской практике. В предполагаемом опыте заинтересованы и уже согласились принять участие около 200 семейных пар из Великобритании, США и Европы, страдающих бесплодием. Возможно, чтобы избежать проблем с законом, акция клонирования – выращивание 200 младенцев-клонов – будет проведена где-нибудь в нейтральных водах, на специально оборудованном судне.

Антинори утверждает, что за ним и его сторонниками стоит мощный консорциум «с неограниченными финансовыми возможностями». Взвесить все «за» и «против» клонирования нелегко.

Многих страшит то, что клонирование может-де нарушить генофонд человека. Но процедура клонирования очень трудоемкая и дорогая. И позволить себе ее может далеко не каждый житель нашей планеты. В большинстве своем люди все равно будут размножаться естественным путем. Так что появление нескольких сотен или даже тысяч клонов генофонду вряд ли повредит.

Есть и более важные, этические, аспекты проблемы клонирования. Например, первое: у клонов не будет индивидуальности, этой неповторимой основы каждого человека. Это возражение в значительной мере снимается, если учесть влияние среды на процесс формирования человеческой личности. Второе: у клонов на генетическом уровне будут отсутствовать отец или мать, что связано с серьезным психологическим шоком. Третье, наиболее болезненное: в результате таких экспериментов обязательно будут неудачи. Ошибки тут неизбежны (пример Долли – один удачный эксперимент из 327 неудачных), однако они чреваты тем, что прежде священное отношение к человеческому существу, даже на уровне зародыша, должно будет смениться безразличием. Как свидетельствует история общества, официальные запреты только разожгут интерес к клонированию. Эта область научной и медицинской деятельности может быстро стать криминогенной, поскольку очевидны ее перспективы и потенциальная доходность. К тому же запреты можно учреждать лишь в цивилизованном, продвинутом обществе. В демократической зоне, скажем, в США или в Европе, еще возможен контроль над клонированием человека. А в других, менее щепетильных государствах, кто сможет учинять запреты и следить за их исполнением? Ясно, что рано или поздно, но практика клонирования обязательно войдет в нашу жизнь. И ее последствия для всего человечества будут весьма ощутимы.

Человек как объект технологических манипуляций. Практический аспект

Итак, хотим мы того или нет, человеческая психика и сама биологическая природа человека становится объектом технологических манипуляций.

Рассмотрим некоторые примеры.

Нейрофармакология

Она непосредственно не относится к генетической инженерии, однако является областью науки, которая создала мощные технологии воздействия на человеческую психику, прежде всего на процессы восприятия и переработки информации, особенности мировосприятия и мировоззрения.

В США Администрация по пищевым продуктам и лекарственным средствам (FDA) занимается терапевтическими препаратами, а Администрация по борьбе с наркотиками (DEA) и правительства штатов занимаются борьбой с нелегальными наркотиками, такими как героин, кокаин и марихуана. Обществу придется принимать решения о законности и степени допустимости использования нейрофармакологических препаратов следующего поколения. В случае появления препаратов, усиливающих память или другие когнитивные способности, придется решать вопрос о желательности применения лекарств в этих целях и о том, как это применение регулировать.

Наиболее известный пример, антидепрессант *прозак*, созданный фирмой «Эли Лилли», и родственные ему лекарства, такие как *золот* «Пфицера» и *паксил* «Смит Клайн Бичем». Прозак, или флуоксетин – это так называемый избирательный ингибитор повторного поглощения серотонина (SSRI), который, как следует из названия, блокирует реабсорбцию серотонина нервными синапсами и эффективно увеличивает уровень серотонина в мозгу. Еще раз напомню: **серотонин** – ключевой нейромедиатор: его низкий уровень у людей и приматов связан с плохоконтролируемой импульсивностью и агрессией, направленной на несоответствующие цели, а у людей – еще и с депрессией, агрессией и суицидом.

Поэтому неудивительно, что прозак и родственные ему препараты стали в конце двадцатого столетия заметным культуральным явлением, вызывающим чудесные превращения личности. Американский психоневролог Питер Крамер описывает свою пациентку, которая, страдая хронической депрессией, завязала мазохистские отношения с несколькими женатыми мужчинами и загнала себя в тупик на работе. Через несколько недель приема прозака ее личность полностью переменялась: свои мучительные отношения она

порвала и стала встречаться с другими мужчинами, сменила круг друзей и стала вести себя на работе более уверенно и менее примиренчески. Книга Крамера стала бестселлером и внесла огромный вклад в расширение применения этого лекарства. *Сегодня около 28 миллионов американцев (или 10% всего населения), принимают прозак и его аналоги.* Поскольку от депрессии и заниженной самооценки женщины страдают больше мужчин, он также стал чем-то вроде иконы феминизма: и многим женщинам были назначены ингибиторы реабсорбции серотонина.

Нейрофармакологическая волна биотехнологической революции уже обрушилась на нас. Она уже создала таблетки, влияющие на сом, и таблетки для социального контроля над детьми; эти таблетки куда эффективнее, чем ранняя социализация детства и психоанализ. Их стали употреблять миллионы и миллионы людей во всем мире, при этом весьма ожесточенно споря насчет долговременных последствий для телесного здоровья, но почти оставляя без внимания их последствия для привычного понимания личности и морального поведения.

Не удивительно, что лекарства, имеющие репутацию способных на такое действие, породили серьезные протесты. Некоторые исследования показали, что прозак не столь эффективен, как заявлялось, а Крамера подвергли критике за сильное преувеличение его действия. Утверждалось, что у прозака – целая уйма побочных эффектов, которые производитель пытается скрыть. Критики сообщают, что прозак способствует набору веса, обезображивающему тик, потере памяти, сексуальным расстройствам, суициду, насилию и вызывает повреждение мозга.

Вполне может быть, что в свое время прозак отправится туда же, куда и антипсихотическое средство торазин, и уже не будет считаться чудо-лекарством из-за своих долговременных побочных эффектов, которые при его появлении были плохо исследованы. Но более трудная политическая проблема возникнет, если окажется, что прозак полностью безопасен или если будут открыты аналогичные лекарства, действующие именно так, как гласит реклама. Потому что прозак, как утверждает, воздействует на самые главные эмоции человека: его самооценку.

Самооценка – психологическое свойство, о котором все говорят, что им его надо побольше. Но оно относится к одному из самых важных аспектов человеческой психологии – жажде признания, свойственной всем людям. Сократ в «Республике» Платона утверждает, что существуют три различные части души: желающая, рассудочная часть и то, что он называет «тимос» – греческое слово, в переводе означающее «одушевленность». Тимос – это гордая сторона человеческой личности, та часть, которая требует, чтобы другие признавали ценность или достоинство человека. Это не желание каких-то материальных благ или предметов для удовлетворения потребности – «полезности», которую экономисты зачастую понимают как источник мотивации человека, но некий межсубъектный запрос, требование, чтобы какие-то другие люди признали социальный статус человека. И действительно, на самом деле есть потребность в признании статуса, или того, что называется позиционными благами. Требование признания не обязательно должно быть личным: человек может требовать, чтобы другие признали его богов, или святых, или нацию, или правое дело.

Большинство политиков осознают центральную роль собственного признания и, в частности, – в политике. Требование признания часто перевешивает экономический интерес. Именно по этой причине философ Гегель считал, что исторический процесс в основе своей движется борьбой за признание, начинающейся с первобытной «кровавой битвы» между двумя соперниками за то, кто будет господином, а кто – рабом, и кончающейся возникновением современного гражданского общества, в котором все граждане считаются свободными и достойными равного признания.

Еще Аристотель заявил, что политики не было до тех пор, пока первый законодатель не основал государство и не установил всеобщий закон – событие, которое оказалось величайшим благом для человечества, но для исторического развития было случайным. Это согласуется с тем, что мы сегодня знаем о возникновении государства, которое произошло где-нибудь в Египте и Вавилоне около 10 000 лет назад и, вероятнее всего, было связано с развитием земледелия. До того люди десятками тысяч лет жили в обществе охотни-

ков и собирателей, не знающем государства, где в самой большой группе насчитывалось не более 50 – 100 особей, в основном связанных родством. Так что, в определенном смысле, хотя социальность людей явно природна, но то, что человек от природы животное политическое – не так очевидно. Но путать человеческую политику с социальным поведением любого другого вида – значит принимать часть за целое. Только люди умеют формулировать, обсуждать и изменять абстрактные нормы справедливости.

Однако Аристотель настаивает, что политика естественна для человека, вопреки тому факту, что в ранние периоды человеческой истории она не существовала. Он утверждает, что именно человеческий язык позволяет людям формулировать законы и абстрактные принципы справедливости, необходимые для создания государства и политического строя. Этологи замечают, что многие другие виды общаются с помощью звуков и что шимпанзе и другие виды до определенной степени способны усвоить язык людей. Но ни у одного другого вида нет человеческого языка, то есть возможности формулировать и сообщать абстрактные принципы действия. И только когда эти два свойства – социальность человека и человеческий язык – соединились, возникла человеческая политика. Язык, очевидно, развивался для усиления возможности общения, но весьма маловероятно, чтобы существовали эволюционные силы, выковавшие его намеренно так, чтобы могла возникнуть политика. Человеческая политика, хотя и естественная в состоянии возникновения, не сводится ни к животной социальности, ни к животному языку, которые ей предшествуют.

Вот по этой причине такое лекарство, как прозак, может иметь серьезные политические последствия. Обычным и морально приемлемым способом преодоления низкой самооценки является борьба с собой и с другими, усердная работа, принесение каких-то весьма ощутимых жертв, в результате же человек поднимается вверх, и это признается другими.

Но вот выходит на сцену американская фармацевтическая промышленность, и она (с помощью таких лекарств, как золофт и прозак) предлагает изменить самооценку с помощью флаконов – просто

путем подъема уровня серотонина в мозгу. Возможность изменения личности, как описывает ее Питер Крамер, выдвигает несколько интересных вопросов. Нельзя ли было избежать всей борьбы в человеческой истории, если бы только у людей было побольше серотонина в мозгу? Потребовалось бы Цезарю или Наполеону завоевывать пол-Европы, будь у них возможность регулярно глотать таблетку прозака? И если да, то что бы случилось с историей?

Очевидно, что в мире есть миллионы людей с клиническими проявлениями депрессии, и у них чувство собственной ценности куда ниже, чем должно бы. Для них прозак и его аналоги – уникальный дар. Но низкие уровни серотонина не отмечены четкой демаркационной линией между нормой и патологией, и существование прозака открывает путь тому, что Крамер удачно назвал косметической фармакологией: то есть приему лекарства не ради его терапевтического действия, а просто потому, что от него человеку становится «лучше, чем хорошо». Если для человеческого счастья так необходимо чувство самооценки, то кто же откажется от его добавки?

Если прозак оказывается чем-то вроде пилюли счастья, то риталину достается роль явного средства для общественного контроля. Существует тревожная симметрия между прозаком и риталином. Первый широко назначается депрессивным женщинам с дефицитом самооценки; им он дает самоощущение лидеров, вызванное повышением уровня серотонина. С другой стороны, риталин в основном назначается мальчикам, которые не могут тихо сидеть в классе, поскольку природа их для этого не предназначила. Таким образом, два пола исподволь подталкиваются к средней андрогинной личности, довольной собой и социально приемлемой, что в современном американском обществе считается вполне политически корректным результатом.

Прозак и риталин – пока лишь первое поколение реальных психотропных средств. Есть шанс, что практически все чудеса, которые народная фантазия ждет от геной инженерии, будут осуществлены с помощью нейрофармакологии. Лекарства группы так называемых бензодиазепинов могут использоваться для воздействия на систе-

мы гаммааминомасляной кислоты с целью снижения тревожности, поддержания спокойной, но активной бодрости и более коротких периодов адекватного сна без побочных седативных эффектов. Стимуляторы ацетилхолиновой системы могут применяться для повышения способности к запоминанию новых фактов, сохранению их в памяти и улучшению способности вспоминать факты. Стимуляторы допаминовой системы могут повысить выносливость и целеустремленность. Селективные ингибиторы реабсорбции серотонина в комбинации с препаратами, воздействующими на допаминовую и норэпинефриновую системы, могут порождать изменения поведения, управляемого взаимодействием систем других нейромедиаторов. И наконец, может появиться возможность воздействия на системы эндогенных опиатов для уменьшения болевой чувствительности и повышения порога удовольствия.

Итак, не надо ждать появления генной инженерии и спроектированных младенцев, чтобы ощутить те политические силы, которые выведут на сцену новые медицинские технологии.

Распространение психотропных средств в США выявляет три сильные политические тренда, которые вновь проявятся при появлении генной инженерии.

- *Первый* – это желание со стороны обыкновенных людей (обывателей) снять с себя ответственность за свои действия. И как можно больше переложить ее на медицину.
- *Второй* – давление сильных экономических интересов, способствующее этому процессу. Среди носителей этих интересов, например, учителя и врачи, которые всегда предпочтут прямой биологический путь сложным обходным путям социального воздействия на поведение, а также фармацевтические компании – изготовители этих лекарств.
- *Третий* тренд, возникающий из попыток все на свете отнести к медицине, – это тенденция расширять область применения лекарств на все большее число состояний. Всегда будет возможно найти где-нибудь врача, который согласится, что такое-то и такое-то неприятное или тяжелое состояние есть патоло-

гия, и только вопрос времени, когда широкая общественность начнет считать это состояние инвалидностью, юридически подлежащей какой-то общественной компенсации.

Термин «*социальный контроль*», конечно, пробуждает разного толка политические фантазии о правительствах, использующих препараты изменения сознания с целью превращения народа в послушных подданных. Это конкретное опасение не относится к предвидимому будущему. Но социальный контроль – это вещь, которой могут воспользоваться иные социальные силы, кроме государства: родители, учителя, школы и другие, чьи интересы связаны с поведением людей. Демократия – «тирания большинства», и в ней «общественное мнение» изгоняет подлинное разнообразие взглядов и терпимость. (В наши дни это явление известно под названием «политической корректности».)

Нейрофармакология также указывает путь к возможным политическим следствием. Вне сомнения, лекарства вроде прозака или риталина помогают колоссальному числу людей, которым иначе не помочь. Дело в том, что существует много людей с серьезной депрессией или выраженной гиперактивностью, чье состояние не дает им радоваться нормальной для большинства жизни. Мало найдется людей, которые потребовали бы прямого запрета на подобные средства или ограничили бы их применение лишь явно клиническими случаями. Что нас может (и должно) волновать – это использование таких лекарств либо для «косметической фармакологии», то есть для изменения нормального поведения, либо для замены одного нормального поведения на другое, которое кем-то считается социально предпочтительным.

Возьмем, например, *экстази* – уличное название MDMA, или метилендиоксиметамфетамина – один из наиболее быстро распространявшихся в девяностые годы запрещенных наркотиков. Экстази – стимулятор, весьма похожий на метамфетамин – стал модным в танцевальных клубах. Согласно национальному институту США по борьбе со злоупотреблением наркотиками, 8% выпускников средних школ, или 3,4 миллиона американцев, хоть раз в жизни пробовали MDMA. Химически родственный риталину экстази по

действию больше похож на прозак: он стимулирует выброс серотонина в мозг. Экстази дает эффект сильной перемены настроения и личности, как и прозак.

Другие описания экстази выставляют его как лекарство, повышающее социальную чувствительность, способствующее связям между людьми, улучшающее внимание – все это эффекты, в целом одобряемые обществом и тревожно напоминающие те, что приписывают прозаку. И все же экстази – вещество, продажа и употребление которого в Соединенных Штатах вне закона при любых обстоятельствах, в то время как риталин и прозак – лекарства, которые вполне легально может выписать врач. В чем же разница?

Очевидный ответ – экстази, как и другие наркотики, наносит вред организму, которого, как утверждают врачи, не наносят прозак и риталин. Посвященная экстази веб-страница института по борьбе со злоупотреблением наркотиками утверждает, что это средство порождает такие психологические проблемы, как «путаницу мыслей, депрессию, расстройства сна, тягу к лекарствам, тяжелую тревожность и паранойю», и соматические расстройства, такие как «напряженность мышц, непроизвольное сжатие зубов, тошнота, размытость зрения, беспорядочные движения глаз, слабость, приступы озноба или потливости». Опыты на обезьянах показали также возникновение необратимых поражений мозга.

Биотехнологическое использование эмбриональных и стволовых клеток человека

Люди спорили о статусе человеческого эмбриона в различные эпохи истории. В античной Греции философы-стоики отрицали, что эмбрион или плод представляет собой существо, независимое от материнского организма. Для них новая человеческая жизнь начиналась тогда, когда новорожденный ребенок начинал самостоятельно дышать. В то же время школа платоников настаивала на том, что эмбрион представляет собой новое, самостоятельное живое существо. Этот взгляд был далее поддержан христианскими мыслителями, которые рассматривали аборт как убийство человека, поскольку человек в проекции – уже человек. В Каноническом законе Византии развивающийся эмбрион име-

ет статус существа, наделенного правами. Философы той эпохи полагали, что разумная душа вселяется в зародыш на сороковой или на восьмидесятый день после зачатия, в зависимости от пола эмбриона. Тем не менее статус эмбриона или плода до сих пор остался дискуссионным.

Ткань плода может быть использована при лечении болезнью Паркинсона и Альцгеймера, серповидноклеточной анемии диабета. Особая проблема – коммерческое использование эмбрионального материала, которое побуждает женщин в развивающихся странах продавать свой плод. В соответствии с Актом 42/1988 короля Испании Хуана Карлоса I использование материала эмбриона или плода не ради лечения и диагностики болезней и соответствующих медицинских исследований, а в каких-либо иных целях, должно подлежать рассмотрению инстанций, облеченных полнотой юридической власти.

С конца прошлого столетия наметилась общая тенденция к снижению числа сперматозоидов в человеческом семени. Причинами этого могли быть изменения окружающей среды, пищевых привычек людей, стиля одежды и ритма жизни. Эта неблагоприятная тенденция проявляется в учащении случаев мужского бесплодия, хотя бесплодными бывают и женщины. Необходимо врачебное вмешательство.

Искусственное осеменение успешно применяется уже в течение нескольких десятилетий. Оно было впервые использовано в Бельгии 45 лет тому назад, причем применяли как сперму родителя, так и донорскую сперму. В последние годы предложено использовать доноров яйцеклеток или зародышей, метод принес обнадеживающие, хотя пока ограниченные, результаты.

Вопрос этот уже возник в связи с исследованиями по стволовым клеткам и клонированию. Исследовательские работы по эмбриональным стволовым клеткам требуют намеренного разрушения эмбрионов, а так называемое терапевтическое клонирование требует не разрушения их, но намеренного создания для научных целей перед разрушением. Оба этих вида деятельности решительно осуж-

даются теми, кто верит, что жизнь возникает с зачатием, и эмбрион имеет полный моральный статус человека.

Здесь вопрос таков: что дает подход с точки зрения естественных прав, очерченный выше, к вопросу о моральном статусе нерожденных, инвалидов и так далее? Никто не уверен, что этот подход дает определенный ответ, но по крайней мере он может нам помочь определить возможные варианты ответа.

Процедура опытов с эмбрионами такова. Берется донорская яйцеклетка, из нее вынимается ядро и вместо него вводится ядро клетки больного пациента. Затем яйцеклетку помещают в эмбрион и стимулируют ее деление и рост. За 14 дней медики и ученые должны собрать необходимое для лечения или исследований количество клеток. Когда же эмбрион достигнет двухнедельного возраста, его, согласно новому закону, надо уничтожить.

Так что собственно клонирование детей по-прежнему остается делом нелегальным, занятием, преследуемым по закону.

В чем вообще смысл всех этих опытов?

Для ответа необходимо рассказать о «запасных» клетках. Они появляются еще у эмбриона. Пока ребенок развивается во чреве матери, эти «просыпающиеся» клетки делятся и мигрируют по всему организму будущего детеныша. Так образуются самые разные ткани: мозг, печень, кожа, волосы и т. д. До 14 дней эмбрион состоит практически из одних «спящих» клеток. После рождения ребенка количество «спящих» клеток значительно уменьшается. Во взрослом мозгу их очень мало. Но если эти клетки «разбудить», сделать их активными, то их количества хватит на то, чтобы заменить поврежденные клетки, скажем, мозга человека и тем самым восстановить его утраченные функции. Нет сомнений, что технология активации «спящих» клеток будет разработана. И тогда... Велика череда страшных болезней, которые человечество никак не может одолеть и причиной которых является гибель или перерождение специализированных – склероз, диабет, рак, СПИД. Грозны инсульт и другие недуги мозга, к примеру, болезнь Паркинсона. Ведь нет ничего хуже, когда телом управляет больной мозг. Не просто лечить, но и «омо-

лаживать» свой мозг – и этого ждут от генной инженерии. Ждут и те, кто страдает болезнью Альцгеймера.

Болезнь Альцгеймера – тяжелейший недуг, настоящая «катастрофа мозга», заболевание, ведущее к распаду функций коры головного мозга человека – впервые стала объектом медицинского исследования в 1907 г. Это сделал немецкий патологоанатом и психиатр Алоиз Альцгеймер (Alois Alzheimer). Болезнь Альцгеймера еще называют «недугом стариков». Недаром старческое слабоумие часто именуют «альцгеймеризацией». Ни в одной из трех советских энциклопедий (издание двадцатых годов, предвоенное и послевоенное) не найдешь статьи «Болезнь Альцгеймера». Почему? А потому что болезнь Альцгеймера не носила массового характера. Медицинские энциклопедии – другое дело. Тут можно встретить и даты жизни Альцгеймера, и описание открытого им заболевания, но отмечается, что эта болезнь возникает крайне редко.

Все изменилось к концу XX века. Резкое увеличение средней продолжительности человеческой жизни (особенно в развитых странах) привело к появлению на Земле огромного количества людей старшего возраста. Прогнозы говорят о том, что лет через 50 в передовых странах Запада и в Японии каждый третий житель будет старше 60 лет. Но это как раз тот срок, когда болезнь Альцгеймера начинает реально грозить человеку. Любопытно при этом, что по статистике женщины в три-пять раз чаще заболевают, нежели мужчины.

В США десятки миллионов американцев страдают болезнью Альцгеймера. Самый яркий пример – Рональд Рейган, бывший президент Соединенных Штатов Америки. Медицинская статистика утверждает, что болезнь Альцгеймера исподволь настигает людей к 50 – 60 годам. Человек не лежит в постели с высокой температурой, не глотает антибиотики, не жалуется на сердце и работу других органов, не кричит от боли. Он тихо и неуклонно деградирует умственно. В начале заболевания (два-три года) нарушается речь, затрудняется счет, ухудшается узнавание. Особенно страдает память, дело может дойти до того, что человек не может вспомнить имена своих ближайших родственников (жены, детей). Он перестает узнавать даже себя в зеркале! Расстраивается внимание, осмыс-

ливание и восприятие окружающего. Утрачиваются привычные, десятилетиями наработанные навыки как сложные (шитье, разборка мясорубки), так и элементарные (открыть спичечный коробок, одеться, обуться). У таких стариков часто наблюдается мрачно-угрюмое или недовольно-раздражительное настроение, неприязненное отношение к окружающим, отрешенность от них. Прогноз врача неутешителен: заболевание (оно может длиться и 10 лет) неуклонно прогрессирует и, в конце концов, больной гибнет. Эффективных методов лечения пока нет. Страдающих болезнью Альцгеймера, как правило, помещают в психиатрические лечебницы, где им обеспечивают постоянный надзор и уход.

Суть этой болезни – диффузная, расширяющаяся атрофия головного мозга, преимущественно его коры. Первые проявления – ухудшение памяти на текущие события. Один из ранних симптомов – нарушение пространственной ориентировки: больной легко может заблудиться даже в хорошо знакомой ему местности, например, не найти своего дома, забыть дорогу в ближайший магазин, в который он ходил до этого долгие годы. Утрачиваются практические навыки, в том числе автоматизированные. Нарушается речь. Еще интересная особенность: чем старше возраст, в котором развивается болезнь, тем она продолжительнее.

Второй этап болезни – слабоумие, или деменция (*dementia*): оскудение и упрощение психической деятельности, что характеризуется ослаблением познавательных процессов, обеднением эмоций и нарушением поведения. Неизбежный финал – полная атрофия головного мозга.

На первый взгляд, учение о естественных правах, основывающее достоинство человека на том факте, что люди как вид обладают некоторыми неповторимыми свойствами, должен помочь нам построить градацию прав – в зависимости от того, насколько каждый отдельный представитель вида этими свойствами обладает. Например, старик с болезнью Альцгеймера теряет способность рассуждать, свойственную нормальному взрослому, а потому – и ту часть своего достоинства, которая позволяла ему участвовать в полити-

ке путем голосования или конкуренции за выборную должность. Разум, нравственный выбор и обладание свойственными виду эмоциями являются общим практически для всех людей, а потому служат основой для всеобщего равенства, но каждый индивид обладает этими свойствами в большей или меньшей степени: есть люди более разумные и менее, люди более совестливые или с более сильными эмоциями. Если дойти до крайности, то можно провести различия между индивидами на основании того, насколько они обладают этими основными человеческими качествами, и дифференцировано определять их права, исходя из этих различий. Такое уже случалось в истории ... Вот только будет ли «естественная аристократия» все еще принадлежать *Homo sapiens*? Иерархическая шкала признака «человечность», которая отсюда следует, – одна из причин, по которой люди подозрительно относятся к самой концепции естественных прав.

По статистике, каждый день тысячи американцев (население США – 260 млн человек) отмечают свое 50-летие. И по достижении этого возраста большинство из них замечают те или иные признаки частичной потери памяти. Поколение «бэбибумеров» (последующее поколение Америки, когда в семьях рождалось много детей), именно сейчас входящее в этот возраст, по-видимому, первым осознало все неприятности, связанные с болезнью Альцгеймера. Перед лицом такого ужасного будущего «бэбибумеры» испытывают величайшее беспокойство, особенно если они хотя бы раз столкнулись даже с самым слабым признаком расстройства памяти.

Обеспокоенные американцы тратят ныне каждый год миллиарды долларов на приобретение средств, улучшающих память, будь то книги, магнитофонные мнемонические курсы, не говоря уже о пищевых добавках вроде гинкго билоба, реклама которых пугающе агрессивна.

Федеральное правительство США также озабочено этой проблемой. Оно вкладывает миллионы долларов в проекты, нацеленные на определение того, что же является «нормальной», связанной с возрастом потерей памяти, а что – опасными признаками распада

личности, сопровождающими серьезные болезни мозга. Одна только болезнь Альцгеймера стоит американскому обществу, по подсчетам, 100 миллиардов долларов в год. (Подразумеваются потеря работоспособности и долгосрочный уход за больными.) Поэтому любое исследование, которое сулит остановить развитие потери памяти, становится в наше время насущной необходимостью.

Ученые надеются, что когда-нибудь станет возможным замедлить течение болезни Альцгеймера или вылечить ее с помощью медикаментов. Их настойчиво ищут. В настоящее же время доступны два одобренных Административной службой контроля за лекарственными и пищевыми продуктами – FDA (*Food and Drug Administration*, США) – лекарства для лечения болезни Альцгеймера: донепезил, торговое название «арицепт», и такрин – «когекс». Они оба блокируют фермент, разрушающий ацетилхолин, и в некоторых случаях замедляют течение болезни¹.

Многие исследователи в мире заняты поиском универсального средства. Предлагаются мегадозы антиоксидантов, например, витаминов *E* и *C*. Считается, что они могут предотвратить клеточные изменения, вызывающие потерю памяти. Иногда высокими дозами витамина *E* удается замедлить болезнь Альцгеймера на семь месяцев. Как будто бы не очень много, но если у вас кто-то страдает этим заболеванием, то это прямо-таки дар божий!

Врачи рекомендуют также противовоспалительные агенты, такие как напросин и бупрафен, для того чтобы уменьшить воспаление, сопровождающее болезнь Альцгеймера.

В ход идут и старинные средства. Чтобы предотвратить возрастную потерю памяти, надо следовать старинному изречению: «Тренируй память, иначе потеряешь ее», – говорят эксперты. Даже

¹ Известно, что в процессе памяти задействованы химические соединения, называемые нейротрансмиттерами, в их число входит и ацетилхолин. Это с их помощью сигналы имеют возможность циркулировать в мозговой ткани. В процессе обучения образуются синапсы — соединения между мозговыми клетками, они создают сложную сеть связей. Однако с возрастом эти синапсы «ослабевают»: 25 процентов потерь происходит между 25 и 55 годами, и соответственно ослабевает память.

простейшее средство – регулярное чтение или разгадывание кроссвордов – может творить чудеса, хотя и абсолютно неясно, почему эти чудеса происходят. «Самый действенный совет – быть интеллектуально активным», – говорит Патриция Тан, директор лаборатории памяти в Университете Бранде (США). В конечном счете, разумная диета и здоровый образ жизни, видимо, являются лучшими стимуляторами памяти.

И все же это – полумеры, мелкая врачебная «косметика». Необходим революционный скачок – изобретение лекарств, предотвращающих болезнь Альцгеймера. Надо выяснить причины, ведущие к перерождению и гибели нервных клеток у пожилых людей, и устранить их. Есть надежда, что методика активации «спящих клеток», о которых мы рассказывали выше, поможет избавить человечество от этого тяжелого недуга.

Заманчивые перспективы открывает генетически направленная трансплантация. Фирма «Герон» намерена использовать права для реализации программы «терапевтического клонирования». Она состоит в создании человеческих эмбрионов из клеток кожи, или мышц, или других тканей больных людей, выделении из таких эмбрионов стволовых клеток соответствующих тканей и пересадки их этим же пациентам в лечебных целях.

Сейчас выводят специальные породы свиней, которым введены гены совместимости. Их органы могут быть использованы для трансплантации человеку. Возможен и другой подход – выращивание здоровых органов из необходимой клеточной популяции.

Согласно обнародованному официальному правительственному докладу британские ученые могут в строго ограниченных случаях клонировать человеческий эмбрион, с тем чтобы в дальнейшем использовать его клетки для лечения взрослого «двойника». Речь, в частности, идет о коже и других тканях человеческого организма. По мнению авторов доклада, такое ограниченное клонирование может помочь победить считающиеся до сих пор неизлечимыми человеческие недуги.

Следует подчеркнуть, что при осуществлении клонирования для получения целых организмов, кроме этических, возникает ряд

специфических проблем. Некоторые из них (низкая эффективность, побочные явления и т. п.) – изначально технические. Другие носят политический и социальный характер.

Согласно декрету Совета Европы о клонировании человека: «Использование людей как орудий путем намеренного создания генетически идентичных людей противоречит человеческому достоинству и потому является злоупотреблением медициной и биологией». Человеческое достоинство – одна из тех концепций, которую политики, как вообще все участники политической жизни, упоминают через слово, но которую почти никто не может четко определить или объяснить.

Требование равенства признания или уважения – доминирующая страсть нового времени. Это значит, что либеральная демократия – вещь непростая. Не обязательно, чтобы мы считали себя равными во всех главных отношениях или требовали, чтобы у нас была точно такая жизнь, как у других. Большинство людей мирится с фактом, что Моцарт или Эйнштейн обладают талантами и способностями, которых нет у них самих, и что эти люди получают признание и даже денежную компенсацию за применение этих талантов. Мы принимаем, хотя нам это и не обязательно нравится, тот факт, что ресурсы распределяются неравномерно, на основании того, что называют «различными и неравными способностями приобретать собственность». Но мы также считаем, что люди заслуживают права сохранять ими заработанное и что способности к работе и заработку у людей не одинаковы. И мы принимаем факт, что мы выглядим по-разному, происходим от разных рас и народов, принадлежим к разным полам и разным культурам.

БИОПОЛИТИКА. СОЦИАЛЬНЫЙ И ЮРИДИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ РАЗВИТИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТЕХНОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА

В начале девяностых годов XX века фирма «Монсанто», ведущий новатор сельскохозяйственной биотехнологии, думала просить администрацию Буша-старшего о более строгих формальных правилах для генетически измененных продуктов, в том числе обязательной маркировке. При смене высшего руководства эта инициатива была отставлена на том основании, что нет научных свидетельств о риске для здоровья, и фирма ввела в практику ряд новых ГМО, которые были быстро приняты американскими фермами. Но компания не предусмотрела политический протест Европы против ГМО и суровые требования к маркировке, которую ввел в 1997 г. Европейский союз для импортируемых в Европу продуктов.

«Монсанто» и другие американские фирмы сетовали на европейцев за такую ненаучность и протекционизм, но у Европы хватило сил, чтобы заставить американских экспортеров соблюдать свои правила. Американские фермеры, не имеющие способов для отделения генетически модифицированных продуктов от обычных, оказались отрезаны от важных рынков экспорта. На это они ответили сокращением после 1997 г. посевов генетически измененных культур и обвинили биотехнологическую промышленность в том, что она повела их по неверному пути. Руководство фирмы «Монсанто» поняло, что допустило большую ошибку, не добившись заранее создания приемлемой законодательной среды, а просто заверив потребителей в безопасности своего продукта, хоть в те времена регламентация не казалась необходимой с научной точки зрения.

Историю регламентации фармацевтической промышленности двигали страшные события, такие как история с сульфаниламидным эликсиром и талидомидом. Возможно, для введения регламентации клонирования человека придется подождать рождения ребенка с

ужасными уродствами, который станет продуктом неудачной попытки клонирования.

Биотехнологической промышленности стоит подумать, что лучше: предусмотреть такие проблемы сейчас и постараться сформулировать систему, которая будет служить ее интересам, гарантируя общественности безопасность и этическую допустимость применения методов биотехнологии, или подождать, пока поднимется волна всеобщего возмущения из-за вопиющего несчастного случая или ужасающего эксперимента.

Некоторые новые технологии с самого начала нас пугают, и согласие относительно необходимости установить политический контроль над их разработкой и применением возникает сразу. Когда в Нью-Мехико летом 1945 г. взорвалась первая атомная бомба, никто из свидетелей этого события не мог не понять, какая страшная разрушительная мощь появилась в руках людей. Другие новые технологии оказались куда более мирными, и потому регулируются законодательно намного меньше или не регулируются совсем. Примеры тому – персональные компьютеры и Интернет: эти новые формы информационных технологий (ИТ) сулят в перспективе создание процветания, распространение доступа к информации (а потому и к власти) более демократическим образом и порождают объединения своих пользователей. Тем, кто хочет найти обратную сторону информационной революции, приходится трудно. Вопреки усилиям взять под контроль использование ИТ, эти технологии в последние годы расцветают с минимальным законодательным надзором как внутри государств, так и на международном уровне.

Биотехнологии попадают где-то между двумя этими крайностями. Трансгенные посевы и генная инженерия человека вызывают у людей куда больше беспокойства, чем Интернет и персональные компьютеры. Но ДНК-технология также обещает многое для здоровья и благополучия человека. Когда ее заранее представляют как средство вылечить ребенка от муковисцидоза или диабета, людям трудно сформулировать причины, почему их тревоги должны встать на пути прогресса. Проще всего было бы возразить против какой-то новой биотехнологии, если бы ее испытание проводилось небрежно

или если бы генетически измененные пищевые продукты вызывали опасные аллергические реакции. Однако на самом деле угрозы биотехнологии куда более тонкие, а потому их намного труднее учесть в любых утилитарных расчетах.

Перед лицом проблем, которые ставит перед нами подобная технология, где хорошее и плохое тесно переплетены, существует только одно возможное решение: государства должны политически регулировать разработку и применение таких технологий, организовав институты, которые будут различать технологический прогресс, способствующий процветанию человека, и прогресс, составляющий угрозу человеческому достоинству и благополучию. Сначала эти институты должны быть созданы на национальном уровне, а впоследствии – выйти на международный.

Сегодня в обсуждении биотехнологий выделилось два полярные лагеря. Первый – либертарианский, утверждающий, что общество не должно и не в состоянии накладывать ограничения на развитие новых технологий. В этот лагерь входят исследователи, ученые, желающие раздвинуть границы знания, представители биотехнологической промышленности, которые хотят получить выгоды от свободного технологического развития, и (в особенности в США и Великобритании) большая группа, идеологически приверженная сочетанию свободного рынка, дерегулирования и минимального вмешательства правительства в технологии.

Второй лагерь – неоднородная группа, испытывающая моральную тревогу по поводу биотехнологий, которая состоит из людей с религиозными убеждениями, верящих в святость природы, противников новых технологий и людей с левыми убеждениями, которых беспокоит возможное возвращение евгеники. Эта группа, включающая в себя многих (начиная с активистов-алармистов вроде Джереми Рифкина и заканчивая католической церковью), предлагает запрет на целый ряд новых технологий: от оплодотворения *in vitro* и исследований стволовых клеток до трансгенных культур и клонирования человека.

Давно уже прошли времена, когда говорилось, что если миру что нужно, так это более жесткая законодательная регламентация.

Регламентация, в частности международная, не такая вещь, к которой можно призывать легкомысленно. Регламентация влечет за собой разного рода неэффективности и даже патологии, которые сейчас хорошо известны. Например, когда регулирующие органы государства обретают собственный интерес в усилении своей власти и положения, даже если они заявляют о приверженности интересам общества. Плохо продуманная законодательная регламентация может неимоверно поднять стоимость экономической деятельности, застопорить новаторство и привести к такому распределению ресурсов, когда предприятия начинают искать способы уклониться от обременительных норм. Неэффективность любой схемы регулирования – жизненный факт. Можно попытаться уменьшить ее, разрабатывая институты с целью упрощения процесса регулирования и повышения его способности реагировать на изменения в технологии и общественных потребностях, но все же есть некоторые проблемы, с которыми можно справиться лишь формальным контролем со стороны государства. Схемы саморегулирования лучше всего работают в ситуациях, когда соответствующая отрасль не порождает много социальных затрат (по терминологии экономистов, негативных экстерналиностей), когда решаемые вопросы в основном технические и аполитичные, и когда у самой отрасли есть сильные стимулы за собой следить. Такова ситуация в вопросах установления международных стандартов координирования движения самолетов и платы за воздушное сообщение, испытания изделий и банковских расчетов, и когда-то так было в отношении безопасности пищевых продуктов и медицинских экспериментов. Но совсем не такова ситуация для современной биотехнологии или для тех видов биомедицинских технологий, которые могут возникнуть в будущем. Хотя научно-исследовательская общественность в прошлом блестяще контролировала себя в таких областях, как эксперименты на людях и безопасность технологии рекомбинантной ДНК, сейчас слишком много пересекается коммерческих интересов и слишком много крутится денег, чтобы саморегулирование продолжало и дальше успешно действовать. У большинства биотехнологических компаний попросту нет стимулов соблюдать многие из тонких этических различий, которые надо будет провести, а это значит, что

правительствам придется вступить в дело, чтобы ввести нормы и заставить их соблюдать.

Сегодня многие считают, что биотехнологию не следует брать под контроль и что это практически невозможно. По-видимому, оба эти вывода ошибочны.

Опрос общественного мнения во многих странах показывает, что общественность относится к ученым с гораздо большим уважением, чем к политикам. Тем не менее, сама по себе наука не может определить цели, которым она служит. Наука может открывать вакцины и средства от болезней, но может и создавать инфекционные агенты; может открывать физику полупроводников – и физику водородных бомб. Наука как таковая абсолютно безразлична к тому, собирались ли опытные данные при скрупулезном соблюдении интересов людей – объектов исследования. В конце концов, данные есть данные, и часто лучшие данные могут быть получены отступлением от правил или вообще при полном отказе от них. Многие врачи-нацисты, введившие вирусы заключенным концлагерей или пытавшие узников до смерти огнем или холодом, были вполне легитимными учеными, которые собирали данные, потенциально весьма информативные.

И только «теология, философия или политика» могут задать цели науки и технологии, которую наука порождает, и объявить эти цели хорошими или плохими. Ученые могут помочь определить моральные нормы, касающиеся их собственного поведения, но это они делают не как ученые, а как научно информированные члены более широкого политического сообщества. В сообществе исследователей, работающих в биомедицине, есть много талантливых, целеустремленных, энергичных, порядочных и вдумчивых людей, но их интересы не обязательно соответствуют интересам общества. Учеными во многом движет честолюбие, а зачастую и денежная заинтересованность в каких-то конкретных технологиях или препаратах. Следовательно, вопрос о том, что делать с биотехнологией, – вопрос политический, и решать его не технократам.

Ответ на вопрос, кто будет решать, что законно и что незаконно в науке, на самом деле очень прост и решен несколькими столетиями

политической теории и практики: решать должна демократически устроенная общественность, действующая главным образом через своих избранных представителей, которая является в этих делах сувереном и обладает властью контролировать темпы и размах развития технологий. Конечно, у современных демократических институтов есть самые разные недостатки – от лоббирования специальных интересов до популистской риторики, – но очевидно, что нет лучших альтернативных учреждений, которые могли бы выражать волю народа честно и легитимно. Можно, конечно, надеяться, что политики будут принимать решения продуманные и на основании глубокого понимания науки. История полна примеров, когда законы принимались на основании плохой науки, например, евгеническое законодательство в начале двадцатого века, которое было принято в Европе и США. Но в конце концов сама наука есть средство для достижения человеческих целей: то, что решает политическая общность, есть соответствующая цель, а не чисто научный вопрос.

Обращаясь к вопросу об установлении режима регламентации для биотехнологий человека, мы сталкиваемся с совсем иной проблемой. Вопрос не в том, должны принимать решение о научных исследованиях ученые или политики, а в том, кто должен решать, что лучше в терминах репродуктивных решений: конкретная пара родителей – или правительство. Джеймс Уотсон утверждает, что это должна решать мать, а не группа законодателей-мужчин.

Принцип здесь весьма прост: пусть большинство решений принимается женщинами, а не мужчинами. Это им вынашивать ребенка, а мужчины, как известно, часто бросают своих детей, если те нездоровы.

Необходимость разработки адекватных правил очевидна, особенно если технология сделает возможным всякие неестественные способы размножения (вроде клонирования), окончательные последствия которых могут быть неблагоприятны для здоровья ребенка, или автоматической общности интересов, предположительно существующей между ребенком и родителем при натуральном размножении, при новых способах может не существовать. Некоторые говорят, что мы можем предполагать согласие еще не рожден-

ного ребенка на свободу от врожденных дефектов или умственной отсталости. Но можно ли предполагать согласие ребенка быть клоном, или биологическим отпрыском двух женщин, или носителем нечеловеческого гена? В частности, клонирование открывает перспективу, что репродуктивное решение будет служить интересам и удобствам родителя, а не ребенка, а в этом случае государство будет обязано вмешаться и защитить ребенка.

Даже если будет принято решение, что технологию следует законодательно контролировать, то перед нами встает проблема: а можно ли это сделать? Действительно, одним из главных препятствий на пути регламентации использования для биотехнологий человека является широко распространенное поверье, будто технологический процесс законодательно регламентировать невозможно, и что все подобные попытки обречены на поражение и провал. Это часто заявляется энтузиастами конкретных технологий и теми, кто надеется получить от них прибыль, и пессимистично – теми, кто рад бы притормозить распространение потенциально вредных технологий. В лагере последних в особенности наблюдаются пораженческие настроения по отношению к способности политики формировать будущее.

Это поверье стало особенно сильным за последние годы из-за наступления глобализации и успешного развития информационных технологий. Ни одно суверенное национальное государство, гласит это поверье, не может регулировать или запретить технологические новшества, поскольку исследования и разработка просто перейдут на территорию, находящуюся под другой юрисдикцией. Попытки американцев контролировать шифрование данных, например, или усилия Франции внедрить французский язык на французских веб-сайтах только сковывали развитие технологии в этих странах, и разработчики переносили свою деятельность в более благоприятный законодательный климат. Единственный путь взять под контроль распространение технологий – это международные соглашения по нормам ограничения технологии, о которых невероятно сложно договориться и еще труднее провести в жизнь. В отсутствие таких национальных соглашений любая страна, которая введет у себя законодательные ограничения, просто даст фору другим.

Такой пессимизм по поводу неизбежности технологического прогресса неверен, но может стать самовыполняющимся пророчеством, если в него верят слишком многие. Потому что просто неверно утверждать, будто скорость и масштаб развития технологии контролировать нельзя. Есть много опасных и этически неоднозначных технологий, которые были объектом эффективного политического контроля, в том числе ядерное оружие и атомная энергия, баллистические ракеты, биологическое и химическое оружие, пересадка человеческих органов, нейрофармакологические препараты и так далее, — технологии и продукты, которые нельзя свободно разрабатывать или свободно ими торговать. Международное сообщество много лет подряд эффективно регламентировало эксперименты на людях. Общее убеждение, что невозможно контролировать порнографию или политические дискуссии в Интернете, тоже неверно. Правительство не может закрыть каждый предосудительный сайт на всем земном шаре, но вполне способно повысить стоимость обращения к ним для людей, живущих под его юрисдикцией. Китайские власти, например, эффективно использовали политическую власть, чтобы заставить интернет-компании вроде «Yahoo!» или «MSN» ограничить публикацию неприятных материалов на китайскоязычных веб-сайтах, просто пригрозив отобрать у них лицензию на работу в Китае.

Скептики говорят, что никакие из этих усилий контролировать технологию, в конечном счете, к успеху не привели. Вопреки большим дипломатическим усилиям, которые Запад (и особенно США) вложил в нераспространение ядерного оружия, Индия и Пакистан стали шестой и седьмой державами, которые в девяностые годы двадцатого века открыто провели ядерные испытания. Хотя использование атомной энергии электростанций снизилось после Три-майл-Айленда и Чернобыля, сейчас оно снова на повестке дня в связи с повышением цен на ископаемое топливо и тревогой по поводу глобального потепления. Существует большой черный рынок наркотиков, органов для пересадки, плутония и почти любого запрещенного товара, который только можно назвать.

Все это в достаточной степени верно: ни один регуляторный режим никогда не бывает совсем без дырок. Но это возражение

упускает из виду смысл общественной регламентации: нет ни одного закона, исполнение которого осуществляется на сто процентов. В любой стране убийство является преступлением и сурово карается, и все же убийства происходят. Однако этот факт никогда не был причиной отмены закона, запрещающего убийства или его исполнения.

Ядерное оружие легче контролировать, чем биотехнологии, по двум причинам. Во-первых, разработка ядерного оружия стоит очень дорого и требует больших, заметных учреждений, отчего разработка его частными компаниями весьма маловероятна. Во-вторых, эта технология настолько очевидно опасна, что в мире быстро установился консенсус о необходимости ее контроля. Биотехнологии, наоборот, могут разрабатываться малыми и не столь богато финансируемыми лабораториями, и консенсуса по поводу ее рискованности нет.

С другой стороны, биотехнология не ставит таких препятствий для реализации контроля, как ядерное оружие. Одна бомба в руках террориста представляла бы собой значительную опасность для мирового спокойствия. Цель законодательного запрета клонирования людей в США не была бы подорвана, если бы какие-то страны мира его разрешили или если бы американцы могли выезжать за границу и там себя клонировать по местным законам.

Расшифровка генома человека и генетическая дискриминация

Существуют многочисленные вопросы политического характера, возникающие в связи с наступлением биотехнологии, вызванные, например, завершением проекта «Геном человека», которые надо решать быстро. Среди них – вопрос о генетической дискриминации и тайне генетической информации.

Генная «дактилоскопия» – не очень строгое название: ведь «дактилоскопия» в буквальном переводе с греческого означает «рассматривать пальцы». Но смысл использования термина заключается в том, что особенности строения ДНК людей позволяют разработать совершенно новые методы идентификации личности.

На этот раз уже не по отпечаткам пальцев, а по «отпечаткам» генов. Для генного анализа достаточно капельки крови, нескольких волосяных луковиц или кусочка кожи: из какого бы участка человеческого тела ни выделили ДНК, генный «портрет» будет всегда одинаковым. «Портрет» – это особые «картинки» из множества горизонтально расположенных на рентгеновской пленке темных полосок, образующих лесенку. Эти полоски позволяют многое, например, установить родство людей. Дети обязательно наследуют те или иные свойства отца и матери, следы же этого сходства можно отчетливо различить в соответствующих местах генного «паспорта» ребенка. И ошибиться тут невозможно: вероятность случайного совпадения набора полосок ничтожна – одна на сотню миллиардов. Поэтому на Земле, с ее шестимиллиардным населением, двух разных людей, не близнецов, с одинаковыми ДНК не встретишь. А еще генная «дактилоскопия» дает возможность исследователям и практикам изучать наследственные болезни, проводить паспортизацию животных и растений, отбирать чистопородное потомство, различать болезнетворные бактерии, браться за решение эволюционных задач в генетике.

Генная «дактилоскопия» дала старт одному из самых противоречивых проектов XXI века – созданию генетических паспортов, включающих образчик биологического материала человека и его характеристики. В США еще в 1992 г. сотрудники Института патологии армии США стали собирать генетическую информацию в виде образцов крови для упрощения процедуры идентификации останков военнослужащих в случае их гибели. Так называемый ДНК-регистр, который обходится американской казне недешево (в 20 млн долл. ежегодно), рассчитан на 18 миллионов генетических образцов. В США и Великобритании обязательному ДНК-тестированию подвергаются не только преступники, но и подозреваемые в совершении преступления, в том числе и невиновные. Это помогает раскрывать тяжкие серийные преступления, но одновременно вызывает множество справедливых вопросов. Например, о возможности генетической дискриминации людей, поскольку соблюсти баланс между интересами общества и правами личности в данной

ситуации очень трудно. Ключевые вопросы здесь – кто может иметь доступ к генетической информации о людях и кому принадлежит право собственности на эту информацию. Эти данные интересуют страховые компании, работодателей, правоохранительные и судебные органы, школы, агентства по усыновлению, армию. Злоупотребления? Абсолютно здоровому носителю патогенных генов могут отказать в приеме на работу или в страховании жизни.

Сегодня большинство нравственных проблем связано с завершением международного проекта «Геном человека» (*Human Genome Project, HGP*), планы реализации которого появились в конце 80-х годов. Он основывался на технологии автоматизированного определения последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК (секвенирования), разработанной (независимо друг от друга) двумя исследовательскими группами, которые возглавляли У. Гилберт и А. Максам в Гарварде и Ф. Сэнджер в Кембридже, и его целью была расшифровка всей последовательности ДНК человека, как расшифрованы последовательности ДНК низших живых существ – нематод и дрожжей. К этому времени были уже составлены карты геномов многих организмов – миксомицетов, кишечной палочки, дрожжей, плодовой мушки, культурных и лабораторных растений и т. п. Уже само название проекта свидетельствует о том, что его цель – создание детализированной карты нуклеотидных последовательностей генома человека. К началу воплощения проекта была уже картирована некоторая часть человеческого генома. Проблему старения, видимо, удастся решить лишь при гораздо более полном знакомстве с природой генов, а точнее – с природой геномов. И это одна из причин, отчего в конце 80-х годов прошлого века в сообщениях прессы, в научных публикациях зазвучала идея новых исследований. Все заговорили об американском проекте – «Геноме человека» – дерзкой попытке дешифровки всей последовательности букв текста человеческих ДНК. Говорят, что все началось со смерти в США известного миллиардера Хьюза. Он завещал четыре миллиарда долларов для генных исследований. Была создана представительная комиссия ученых, которая сочла проект «Геном человека» выполнимым, определила размер расходов (три миллиарда долларов) и время работы (примерно 15 лет). К тому времени из предполагаемых 100 тысяч ге-

нов, содержащихся в 46 хромосомах каждой клетки человека, было известно расположение всего около тысячи генов. Дело было архитрудным, темп расшифровки генных «записей» невелик. В 1992 г., к примеру, был секвенирован всего один миллион пар нуклеотидов. Если бы этот темп исследований сохранился, то на расшифровку всего генома ушли бы столетия. Ускорение работ было достигнуто простейшими способами: возросло число исследователей в центрах, а приборы-секвенаторы и роботы трудились круглосуточно. Росла и производительность этих замечательных машин.

Темпы тогдашней расшифровки, или картирования, были скромными – 200 генов или, примерно, один миллион генетических «букв» в год. На что надеялись ученые? Они верили, что скорость декодирования генов с годами начнет ускоряться в геометрической прогрессии, и уже к концу XX века геном человека будет почти познан. Проект «Геном человека» обсуждался в те годы во многих странах. Было очевидно, что масштабы задачи сопоставимы с полетами на Марс, когда вопрос стоит так: лететь ли к этой планете в начале XXI столетия или перенести полет на середину этого же века? Проект прельщал и отпугивал. Сразу стало ясно: в рамках одной страны провести полную инвентаризацию генов будет затруднительно, необходима кооперация усилий ученых разных стран.

Данные, полученные при анализе генома, могут принести пользу: помочь предотвратить не проявившуюся еще болезнь, подобрать подходящую профессию и т. д. Но такая информация может послужить и причиной дискриминации (при приеме на работу, в школу, при страховании, оказании медицинских услуг и пр.), поэтому доступ к ней должен быть строго ограничен, а исследования могут производиться только на добровольной основе. Это отражено в этических принципах медицинской генетики Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ).

Проект «Геном человека» был большой работой, финансируемой правительством Соединенных Штатов и других стран. Прямая реализация этого проекта началась в результате объединения двух государственных исследовательских программ США – Департамента энергетики и Национального института здоровья. Целых три

года пробивал финансирование этого грандиозного международного исследовательского проекта нобелевский лауреат 1962 года, открывший структуру ДНК, Джеймс Уотсон. И в 1990 г. на работы по проекту «Геном человека» в США государством было выделено три миллиарда долларов. Первоначально научным руководителем проекта был Дж. Уотсон, заявивший о стратегической цели этого объединения: «выяснить, что на самом деле представляет собой человек». Очевидно, что этим заявлением он, вольно или невольно, наметил линию этических и политических коллизий и противостояний, равно как и социально-психологических трансформаций в последующей истории цивилизации. По объему финансирования и масштабам предпринимаемых усилий исследование генома человека зачастую сравнивали с двумя другими крупнейшими научно-исследовательскими и технологическими предприятиями – созданием ядерного оружия (Манхеттенский проект) и высадкой человека на Луне (проект «Аполлон»). Помимо США, значительную роль в его осуществлении сыграли специалисты Великобритании, Франции, Японии. Для координации исследований и усилий экспертов различных стран была создана международная организация. Но уже в самом начале работы возник конфликт между двумя технологическими схемами определения структуры генома. Технологическая схема, принятая официальной организацией, осуществлявшей проект, предусматривала секвенирование сегментов ДНК, локализация которых в геноме (т. е. отнесение к некоторому району определенной хромосомы) была предварительно установлена. После первых успехов администрация Национального института здравоохранения США подала заявку на регистрацию фрагментов ДНК как на интеллектуальную собственность. И тут нобелевский лауреат Джеймс Уотсон, глава проекта, выразил решительный протест. «Геном должен принадлежать всем!», – сказал он. В знак протеста против приватизации генных открытий Уотсон в 1992 г. подает в отставку с поста руководителя геномного проекта, выходит из генной игры. Однако к тому времени (это важное обстоятельство на фоне генного скандала было замечено далеко не всеми) Бюро патентов и торговых марок США уже начало проводить регистрацию кусочков ДНК, устанавливая на них авторские права.

Первоначально планировалось завершить исследование лишь к 2005 г. Однако в 1997 году у *HGP* (в последние годы ею руководит Фрэнсис Коллинз) неожиданно возник сильный соперник – Крэйг Вентер. Сын актрисы и бухгалтера, воевавший во Вьетнаме (там он был полевым медиком), после армии решил посвятить себя биохимии. Сегодня ему немного за пятьдесят. Его компания *Celera Genomics* расположена в городке Роквилл, под Вашингтоном. Роквилл не без оснований называют ныне Силиконовой долиной генетики: тут действуют десятки разного рода частных биотехнологических центров. Самый удачливый из них *Celera*. Эта компания уже принесла своему основателю состояние, оцениваемое в 350 миллионов долларов.

Начинал работу Вентер в рамках проекта «Геном человека» под руководством легендарного Джеймса Уотсона. Считается, что именно Крэйг был инициатором идеи приватизации свежепрочитанных генов. Когда разразился скандал и это предложение было отвергнуто (1992 г.), Вентер вышел из проекта и создал собственный альтернативный центр исследований – Институт исследований генома (*TIGR*). Вентер разрабатывает в *TIGR* новый способ обработки генетической информации. Новый метод позволил резко ускорить работу. Вентер публикует (1995 г.) полный геном бактерии, вызывающей у людей менингит; геном, имеющий в своем коде два миллиона генных букв. Исследователь быстро входит в моду, на него сыплются заказы от частных и государственных фирм США. Расшифровав геномы подюжины бактерий, он (1997 г.) решает, наконец, сделать важнейший шаг в своей жизни – становится конкурентом *Human Genome Project*. Для этой большой работы Вентер создает новую, уже чисто коммерческую, компанию *Celera Genomics* (*celera* на латыни означает «быстрая»).

Став главой частной фирмы, Крэйг Вентер, биолог-мультимиллионер, имевший в научных кругах репутацию «биохимического авантюриста», собрав в своей компании компьютерные мощности, способные поспорить даже с Пентагоном, бросает вызов своим коллегам по госсектору. И совершается чудо: обогнав *Human Genome Project*, Вентер за три года проводит расшифровку генома человека. История эта достойна более подробного изложения.

Крейг Вентер совместно с Марком Адамсом предложил технологию секвенирования, которая позволила резко сократить продолжительность первых стадий картирования генома и значительно снизить финансовые расходы. Его метод расшифровки генома получил название «секвенирование дробовиком». Хромосомы делят вначале на миллионы частей, каждую часть секвенируют и определяют в ней последовательность генных букв.

Затем по пересекающимся участкам кусочки ДНК стыкуются на сверхмощных компьютерах: так постепенно формируются все большие фрагменты двойной спирали.

А потом их воссоединяют в хромосомы, постепенно воссоздавая общую карту генома человека.

Вся эта работа – примерно то же, что разобрать по листочкам, скажем, Библию, а потом, не имея ни малейшего представления о последовательности страниц, попытаться ее вновь собрать. Команда Вентера секвенирует уже 10 миллионов нуклеотидных пар в сутки. Обработку ДНК осуществляли 250 приборов, снабженных роботами. Они функционируют в автоматическом режиме и передают всю информацию непосредственно в базы данных, где генная информация систематизируется и аннотируется.

И вот Вентер во всеуслышание объявляет, что всего-то за 200 миллионов долларов, не взяв ни цента у американских налогоплательщиков, он берется в считанные годы полностью расшифровать геном человека, да еще и на пять лет раньше, чем это собиралась сделать команда HGP. Это заявление наделало много шума. Национальный институт здравоохранения США очнулся, наконец, от летаргического сна и принял брошенный ему вызов. Накал страстей достиг апогея в 1999 г. В дело вынужден был вмешаться президент США. После одного из совещаний в Белом доме Билл Клинтон, говорят, написал своему советнику по науке Нилу Лэйну записку с лаконичным приказом: «Разберись – сделай так, чтобы эти ребята работали вместе». К финишу обе конкурирующие команды исследователей приходят одновременно.

Финал генной гонки (презентация человеческого генома была назначена на июнь 2000 г.) напоминал плохой боевик. Ученые упре-

кали друг друга в недоделках и даже фальсификации (так, в размещенных командой Вентера в Интернете расшифровках въедливые оппоненты нашли куски, принадлежащие не человеку, а мухе-дрозофиле). Опять в ученый спор пришлось вмешаться политикам – президент США Клинтон и премьер-министр Великобритании Блэр лично «дожали» упирающихся ученых. И вот Вентер и Коллинз, заключив временное перемирие, под аплодисменты присутствующих на торжестве ученых, политиков и бизнесменов, объявили о том, что-де геном человека расшифрован в результате совместных усилий их команд.

К 10 января 2000 г. была установлена последовательность нуклеотидов, составляющая 90% всего генома, что соответствовало 97% общего количества генов, входящего в его состав. В июле 2000 г. было объявлено о завершении первой стадии картирования человеческого генома – определении последовательности большей части из составляющих его 3×10^9 нуклеотидных пар.

26 июня 2000 г. сразу две исследовательские команды – международный консорциум Human Genome Project (HGP, в его работе участвовали 16 лабораторий из шести стран: четыре ведущих исследовательских центра США, знаменитый Сэнджеровский центр в Англии и лаборатории во Франции, Германии, Японии и Китае) и частная американская коммерческая компания *Celera Genomics* – на трансокеанской пресс-конференции торжественно объявили о расшифровке человеческого генома. Часть участников этой встречи находилась в Вашингтоне, где присутствовал Билл Клинтон, а часть – в Лондоне, здесь был и Тони Блэр. Общение проходило с помощью телеэкранов. Ученые доложили политикам и общественности, что наконец-то в основном (процентов на 97) завершено изучение текстов двойной спирали ДНК – главного материального носителя генетической информации в клетках человека. Заявили, что с помощью замечательных машин-автоматов (секвенаторов) два метра «текста» ДНК человеческих клеток, сотканных из миллиардов «кирпичиков»-нуклеотидов, «прочитаны». И что вся эта информация нанесена на карту 23 парных «отцовских» и «материнских» хромосом.

Генная гонка длилась не 15, как вначале предполагалось, а примерно 10 лет.

Реклама, сопровождавшая это событие, наводила на мысль, что ученые расшифровали генетическую основу жизни, но все, что было сделано, – это представление последовательности в виде записанной книги, язык которой понятен лишь частично. Еще есть серьезные неясности в таких основных вопросах, как, например, сколько генов содержится в ДНК человека. Через несколько месяцев после завершения расшифровки компания «Селера» и Международный консорциум расшифровки генома человека выпустили исследование, указывающее, что это число находится в пределах от 30 000 до 40 000 вместо 100 000 по прежним оценкам. За пределами геномики лежит расцветающая область протеомики, ставящая себе целью разобраться, как гены кодируют белки и как сами белки складываются в сложнейшие формы, которые нужны для клеток. А за протеомикой начинается неимоверно сложная задача: понять, как эти молекулы развиваются в ткани, органы и человека в целом.

Прогресс медицины – теперь это становится все очевиднее – во многом зависит от полноты наших знаний о генах. Они помогли бы разработать множество вакцин, защищающих человека от болезней, открыли бы новые перспективы для профилактики заболеваний. Сейчас медики идут по следам генов, которые могут оказаться причиной возникновения диабета, аллергии, язвы желудка и других болезней. Пришло и более зрелое понимание многих других хворей, имеющих наследственный характер. Их можно объяснить как «опечатки» в генетическом коде ДНК того или иного человека. Изучение генов, как надеются ученые, дало бы возможность производить вне организма многие виды белка, которые могли бы стать действенными лекарствами. Сюда входят десятки видов интерферона, энцефалины – естественные болеутоляющие, вырабатываемые в головном мозге человека протеины, ключевые белковые компоненты иммунной системы. И так далее, и так далее.

Деньги потребуются немалые. В США, например, стоимость полного цикла создания нового лекарства – от исследований в лабораториях до появления на рынке – составляет до полумиллиарда долларов. Выполнить подобный объем работ никакое государство, даже США, себе позволить не может. В одиночку тут не справиться.

Подобное по плечу только гигантским транснациональным компаниям. Те, кто успел открыть тот или иной ген, запатентовать его, могут продать права на использование этих знаний производящим новые лекарства суперкомпаниям. Биотехнологическим гигантам необходимо монопольное право на генетические разработки, что дает реальную надежду на прибыль (точнее, сверхприбыль!), которая позднее окупит все затраты (точнее, сверхзатраты).

Полученная информация о геноме уже на настоящем этапе допускает следующие приложения.

Предупреждение и лечение заболеваний на основе генной терапии. Например, рак можно лечить с применением лимфоцитов, взятых у человека и подвергнутых генно-инженерной обработке *in vitro* – так называемая генная терапия.

Идентификация человеческих индивидов по генетическим «отпечаткам пальцев». Это может способствовать розыску преступников или установлению истинного отца ребенка.

В этой связи необходимо остановиться на следующих этических проблемах.

1. В любой человеческой популяции имеется много индивидов – носителей генов, способных вызвать заболевания. Можно ли считать оправданной с моральной точки зрения идентификацию таких носителей путем введения обязательного генетического контроля за всеми гражданами той или иной страны?
2. Следует ли информировать человека о его генетическом предрасположении к тяжелым, хроническим, смертельным заболеваниям? Что если эта опасность неотвратима, а болезнь неизлечима? При каких условиях человека можно допустить к подобной информации?
3. Дородовая диагностика генетических аномалий может стать рутинной процедурой. Здесь мы возвращаемся к уже затронутому вопросу, можно ли рекомендовать прерывание беременности, если установлено наследственное заболевание?
4. Знания о генетическом материале человека окажут серьезное влияние на культуру. Не приведет ли это к чисто биохимическому взгляду на человека?

5. В конце следует задать наиболее серьезный вопрос о том, может ли быть разрешено целенаправленное проектирование человеческих существ?

Для того чтобы решить все эти важнейшие биоэтические проблемы, необходимо, чтобы в человеческом обществе были созданы особые учреждения, занятые их исследованием.

Новая евгеника?

Вопрос о степени допустимости «генетической архитектуры» человека особенно тесно связан с евгеникой: велик соблазн «усовершенствовать» отдельного человека и все человечество. В генной терапии наиболее сложно провести грань между необходимой с медицинской точки зрения коррекцией генетических дефектов и внесением в геном изменений, которые кажутся желательными родителям или обществу, особенно тоталитарному. Человечеству предстоит еще выработать правовые и моральные нормы в этой области, обеспечивающие адекватную защиту, с одной стороны, прав ребенка (в том числе еще не родившегося и даже не зачатого), а с другой – его родителей.

Многие из предвидимых выгод от проекта «Геном человека» связаны не с возможностью генной инженерии, а с геномикой, то есть с пониманием функций генов, и протеомикой – функцией белков. Например, геномика позволит создавать лекарства для конкретных индивидуумов на заказ с целью снижения нежелательных побочных эффектов; она даст селекционерам растений куда более точные знания при проектировании новых видов.

Но несмотря на завершение проекта «Геном человека», современная биотехнология сегодня очень далека от возможности модифицировать ДНК человека так, как модифицируется ДНК кукурузы или мясного скота. Некоторые утверждают, что на самом деле мы никогда не придем к такой возможности и что дальнейшие перспективы генетической технологии сильно преувеличены в шумихе, поднятой амбициозными учеными и биотехнологическими компаниями, ищущими быстрой выгоды. Изменение человеческой природы, по утверждению некоторых, невозможно сейчас и еще долго не будет

стоять на повестке дня современной биотехнологии. Значит, нужны взвешенная оценка того, каких достижений можно от этой технологии ожидать, и ощущение препятствий, с которыми она может в конце концов встретиться.

Просто идентифицировать гены в геноме – еще не значит знать, что они делают. За последние двадцать лет достигнут большой прогресс в поиске генов, связанных с муковисцидозом, серповидноклеточной анемией, хореей Гентингтона, болезнью Тея-Сакса и т. д. Но это все в некотором смысле простые нарушения, в которых патологию можно проследить до кодирующей последовательности в одном гене. Другие же болезни могут вызываться множеством генов, взаимодействующих между собой сложным образом: некоторые гены управляют экспрессией (то есть активизацией) других генов, есть такие, которые сложным образом взаимодействуют со средой, некоторые гены дают два или больше эффекта, а некоторые порождают эффекты, которые нельзя заметить до более поздних жизненных стадий организма.

Так означают ли эти ограничения генной инженерии, что какие бы то ни было осмысленные изменения человеческой природы в обозримом будущем не рассматриваются? Есть несколько причин проявить осторожность в высказывании такого решения раньше времени.

Первая связана с потрясающей и во многом непредвиденной скоростью научного и технического прогресса в науках о жизни. В конце восьмидесятых среди генетиков царил твердое согласие относительно того, что невозможно клонировать млекопитающее из соматических клеток взрослой особи – эта точка зрения исчезла после появления Долли в 1997 г. В середине девяностых генетики предсказывали, что проект «Геном человека» будет завершен где-то между 2010 и 2020 годами. Фактическая дата, когда новые и весьма автоматизированные программируемые машины закончили работу, – июль 2000 г. Невозможно предсказать, какие новые пути уменьшения сложности стоящей задачи возникнут в последующие годы. Вот пример: мозг есть архетип так называемых сложных адаптивных систем, то есть систем, созданных из многочисленных агентов (в данном случае нейронов и других клеток мозга), действующих по относительно простым правилам, но дающих весьма

сложное адаптивное поведение на уровне системы. Любая попытка моделирования мозга с использованием лобовых методов, то есть таких, которые пытаются воспроизвести все миллиарды нейронных связей – почти наверняка обречена на провал. С другой стороны, сложная адаптивная модель, пытающаяся моделировать сложность на уровне системы как возникающее свойство, может иметь куда больше шансов на успех. То же самое может оказаться верным и для взаимодействия генов.

То, что многофункциональность и взаимодействие генов весьма сложны, не значит, что все попытки генной инженерии человека надо поприветствовать, пока мы в этой сложности не разберемся. Технология никогда не развивалась таким образом. Новые лекарства изобретаются, испытываются и утверждаются все время, хотя производители и не знают точно, как именно они дают эффект. В фармакологии часто бывают случаи, когда побочные эффекты годами остаются незамеченными или когда лекарство взаимодействует с другим лекарством или каким-то состоянием организма совершенно непредвиденным образом. Генные инженеры сначала займутся простыми проблемами, а потом начнут восхождение по лестнице сложности. Хотя очень вероятно, что поведение высшего порядка есть результат сложного взаимодействия многих генов, мы не можем с полной уверенностью утверждать, что это именно так. Мы можем наткнуться на относительно простые генетические вмешательства, которые дадут колоссальные изменения поведения.

Вопрос об экспериментах на человеке – серьезное препятствие для быстрого развития генной инженерии, но никак не непреодолимое. Как и при испытании лекарств, сначала почти весь риск возьмут на себя животные. Виды риска, приемлемые при попытках применения на людях, зависят от предвидимых выгод: к лечению хорееи Гентингтона, которая в одном случае из двух приводит к слабоумию и смерти больных и их потомков, несущих поврежденную аллель, будут относиться совсем не так, как к повышению тонуса мышц или увеличению размера груди. Сам по себе тот факт, что могут возникнуть непредвиденные побочные эффекты, проявляющиеся через долгое время, не остановит поиска генетических средств лечения, как не остановил раньше развитие медицины.

Однако существуют прецеденты, когда новая медицинская технология сказывалась на уровне популяции в результате миллионов индивидуальных решений. Не надо далеко ходить, достаточно вспомнить современную Азию, где сочетание дешевого УЗИ и доступности абортотерапии привели к резкому сдвигу соотношения полов. Например, в Корее в начале девяностых рождалось 122 мальчика на каждые 100 девочек при нормальном соотношении 105 на 100. Это же соотношение в Китайской Народной Республике лишь чуть меньше: 117 мальчиков на 100 девочек, а кое-где в северной Индии оно сдвинуто еще сильнее. Это привело к дефициту в Азии девочек, составившему, по оценке экономиста Амартии Сен, в определенный момент 100 миллионов. Во всех этих странах аборт по выбору пола младенца незаконен, но, несмотря на давление правительства, желание каждой родительской пары иметь наследника мужского пола привело к перекосу соотношения полов.

А сильно сдвинутое соотношение полов может дать серьезные социальные последствия. Ко второму десятилетию двадцать первого века Китай столкнется с ситуацией, когда для одной пятой мужского населения брачного возраста не найдется невест. Трудно себе представить лучший источник беспорядков, если вспомнить о предрасположенности свободных молодых мужчин к риску, бунту и преступлениям. Конечно, будут и компенсирующие плюсы: дефицит женщин позволит им более эффективно управлять процессом образования пар, что приведет к более стабильным семьям у тех, кому удалось жениться.

Никто не знает, станет ли когда-нибудь генная инженерия так же дешева, как УЗИ и аборты. Много зависит от того, какие будут предлагаемые ею выгоды. Но если биотехнология будущего создаст, например, способ безопасного и эффективного рождения более умных детей, то ставки тут же поднимутся. При этом сценарии вполне вероятно, что развитое, демократическое и процветающее государство снова войдет в евгеническую игру, на этот раз не препятствуя размножению людей с низким *IQ*, но помогая обездоленным поднять *IQ* свой собственный и своих потомков. В таких обстоятельствах государство постарается гарантировать, что технология будет

дешевой и всем доступной. Вполне вероятно, что в этот момент и наступит эффект на уровне популяции.

То, что генная инженерия даст непланируемые последствия и что она, быть может, не даст тех последствий, на которые многие надеются, – не аргумент в пользу того, что никто не попытается ее осуществить. *История прогресса науки и техники изобилует технологиями, имевшими такие долгосрочные последствия, что их пришлось переделывать или даже отказываться от них.* Например, в развитых странах уже порядка сорока лет не строят больших гидроэлектростанций, несмотря на периодические энергетические кризисы и спрос на энергию. Причина в том, что после прорыва строящейся плотины ГЭС «Хетч Хетчи» в 1923 г. и «Тенниси Вэлли Осорити» в тридцатых годах резко усилилось влияние экологического сознания, и стали учитывать долговременные экологические последствия, заложенные в цену энергии ГЭС. Если сегодня посмотреть квази-сталинистские фильмы, посвященные героическому строительству электростанции «Гувер-Дэм», странное чувство возникает от этого прославления победы человека над природой и полного пренебрежения экологическими последствиями.

Генная инженерия человека – это лишь один из путей в будущее и самая дальняя стадия в развитии биотехнологии. Сегодня мы не умеем сколько-нибудь значительно изменять человеческую природу, и может оказаться, что никогда и не научимся. Но две вещи следует сказать.

Даже если до геной инженерии на уровне вида остается двадцать пять, пятьдесят или сто лет, все равно она будет иметь куда более серьезные последствия, чем прочие направления развития биотехнологий. Причина состоит в том, что природа человека есть фундамент наших представлений о справедливости, морали и хорошей жизни, и все это изменится с распространением новой технологии.

Факт культурной эволюции заставляет многих современных мыслителей считать биологическую пластичность человека практически бесконечной: имеется в виду, что человек может быть сформирован средой так, что приспособится к любым технокультурным

реалиям. Именно отсюда возникает современное предубеждение против понятия о человеческой природе. Многие из тех, кто верил в социальное конструирование поведения человека, надеялись с помощью социальной инженерии создать общества справедливые или честные в согласии с некоторыми абстрактными идеологическими принципами. Начиная с Французской революции мир сотрясали политические утописты, стремящиеся создать рай на земле путем резкой перестройки самых основных общественных институтов – от семьи и частной собственности до государства. Эти движения достигли своего пика в двадцатом веке, когда произошли социалистические революции в России, Китае, на Кубе, в Камбодже и других странах, фашистская – в Германии и т. д.

К концу XX столетия практически все эти эксперименты провалились, и на место утопий пришли усилия создать или восстановить равно современные, но менее радикальные политически либеральные демократии. Одна важная причина такой конвергенции мира к либеральной демократии связана с упорством человеческой природы. Дело в том, что хотя поведение человека пластично и изменчиво, эти свойства имеют некоторый генетический предел: в какой-то момент глубоко укорененные природные инстинкты и модели поведения восстают и подрывают самые лучшие планы социальной инженерии. Многие социалистические режимы отменили частную собственность, ослабили семью и потребовали от людей альтруизма по отношению к человечеству в целом, а не к ближайшему кругу семьи и друзей. Но эволюция не выковала у человека подобного поведения. На каждом повороте индивидуумы сопротивлялись новым институтам, и когда социализм рухнул после падения Берлинской стены в 1989 г., повсюду восстановились прежние, более привычные модели поведения.

Политические институты не могут полностью отменить природу человека или его воспитание и добиться успеха. История двадцатого столетия была определена двумя страшными крайностями – нацистским режимом, который утверждал, что социум есть биология, и коммунизмом, который биологическую наследственность практически ни во что не ставил. Либеральная демократия избегает обеих этих крайностей и формирует политику согласно возникшим в ре-

зультате генно-культурной коадатации нормам справедливости и без лишнего вмешательства в естественное поведение.

Тем не менее, уже возможно, что благодаря развитию биотехнологий постепенно возникнет биологическое неравенство: богатые смогут стандартным образом отбирать эмбрионы до имплантации и таким образом обеспечивать рождение «улучшенных» детей. Уже сейчас по внешнему виду и интеллекту юноши или девушки все четче определяется их социальное происхождение. В то же время благодаря средствам массовой информации люди, не отвечающие социальным ожиданиям, все чаще обвиняют в этом не себя, а генетический выбор своих родителей. Человеческие гены пересаживают животным и даже растениям – для научных целей и для создания новых медицинских препаратов; животные гены добавляются некоторым эмбрионам, чтобы улучшить их физическую выносливость и сопротивляемость болезням. Ученые пока не решаются изготавливать полномасштабные химеры, полулюдей-полуживотных, но уже сейчас, но молодые люди начинают подозревать, что их товарищи по школьной скамье, сильно от них отстающие, генетически не вполне люди.

Тем не менее, накоплено множество данных о природном равенстве людей. Мы весьма различаемся как индивидуумы, но обладаем общей человеческой сутью, той, которая открывает каждому человеку возможность общаться с любым другим человеком на планете и входить с ним в некие моральные отношения. Политический вопрос, который поднимает биотехнология, таков: *что случится с политическими правами, если мы действительно сможем вывести две разные породы людей?*

Демографическая ситуация, продолжительность жизни и эволюция культуры

Многие достижения медицины улучшили качество жизни пожилых людей, но многие оказали и обратное действие, удлинив лишь срок жизни и повысив социальную зависимость. Мы уже говорили: быстрый рост числа больных болезнью Альцгеймера в развитых странах – прямой результат повышения ожидаемой продолжительности жизни, продления телесного здоровья без продления сопротивляемости этой страшной неврологической болезни.

На самом деле медицинская технология открыла два периода старости. Первый продолжается от 65 лет и иногда за 80, и человек может ожидать в этом периоде здоровой и активной жизни. Оптимистические разговоры о продлении жизни относятся в основном к этому периоду, и действительно, появление новой фазы жизни для большинства людей есть достижение, которым современная медицина вполне может гордиться. Второй – фаза старости – создает больше проблем. В этот период, в который большинство людей сейчас входит после 75 – 80 лет, способности атрофируются, и человек возвращается в детство, становится зависимым. Об этом времени человек не любит думать, тем более его переживать, поскольку оно сильно противоречит идеалам личной самостоятельности, весьма для человека дорогих. Социальный эффект возрастающей продолжительности жизни будет зависеть от соотношения численности этих двух групп, а оно зависит, в свою очередь, от «равномерности» будущего прогресса продления жизни. Лучший сценарий таков, что новые технологии будут одновременно отодвигать все процессы старения, например, будет открыт общий источник старения всех клеток тела на молекулярном уровне, и замедление этого процесса будет тоже равномерным для всех клеток тела. Отказ различных систем будет происходить в одно и то же время, только позже, и численность старых людей категории I будет выше, а категории II – ниже. Наихудший сценарий – крайне неравномерный прогресс, в котором, например, будет найден способ поддержания здоровья тела, но невозможно будет остановить развитие старческого слабоумия. Работы со стволовыми клетками могут дать способы выращивания новых частей тела и органов, но если не будет параллельно найдено средство от болезни Альцгеймера, эта дивная новая технология лишь позволит большему количеству людей существовать растительной жизнью дольше, чем это возможно сейчас.

Если молекулярная биология не даст способа отодвинуть старость, то нет причин думать, что дальнейший медицинский прогресс будет идти равномернее, чем это было раньше.

И еще. Сдвиг демографического равновесия в область, где большинство составят люди из категорий I и II, будет иметь весьма глубокие последствия для самого смысла жизни и смерти. Дело в том, что почти во всей истории человечества до настоящего момента

жизнь человека и его самосознание были связаны либо с размножением, то есть наличием семьи и воспитанием детей, либо с зарабатыванием средств на содержание себя и своей семьи. Семья и работа опутывают человека паутиной общественных отношений, над которыми у него часто почти нет контроля и которые являются источником борьбы и забот, но также – огромного удовлетворения. Учась соответствовать этим отношениям, человек вырабатывает и мораль, и характер. У людей же категорий I и II связи как с семьей, так и с работой окажутся весьма ослаблены. Они будут вне репродуктивного возраста, который привязывает в первую очередь к предкам и потомкам. Некоторые люди категории I могут захотеть работать, но обязанность работать и всякого рода социальные связи, порождаемые работой, будут во многом заменены занятиями по собственному выбору. Люди же из категории II не работают, и поток обязательств и ресурсов будет для них уж точно односторонним: все к ним и ничего от них.

Изменится и отношение людей к смерти. К ней могут начать относиться не как к естественному и неизбежному аспекту жизни, а как к предотвратимому злу вроде полиомиелита или кори. Если так, то принятие смерти окажется глупым выбором, а не чем-то, к чему надо относиться с достоинством и стойкостью. Будут ли люди по-прежнему согласны жертвовать жизнью ради других, если эта жизнь может длиться бесконечно, или оправдывать жертву жизнью со стороны других? Не станут ли они отчаянно цепляться за жизнь, предлагаемую биотехнологией? А может быть, перспектива бесконечно пустой жизни окажется попросту невыносимой? И какая судьба постигнет моральный императив «неубий»?

Сомнений нет: в XXI веке на Земле возникнет первая плеяда бессмертных, людей, способных с помощью биотехнологии, богатства и власти обеспечить себе любой срок жизни. И возможно, новоиспеченные бессмертные не будут старцами, теми желчными старичками, которых высмеивал Свифт в своем «Гулливере». Продукт генных инженеров, новые победившие годы **счастливицы** будут не только мудры, но и вечно юны. Их будет отличать гибкость членов, густота волос, легкая походка, живость реакций...

ПЕРСПЕКТИВЫ ЧЕЛОВЕКА. УСТОИМ ЛИ МЫ?

«Кто ищет, жаждет кто – сливает трепет свой
С мятущей толпой, с таинственной Вселенной.
Ум жаждет вечности, он дышит широтой,
И надобно любить, чтоб мыслить вдохновенно!»

Эмиль Верхарн

«Необходимость – враг бессилья,
В ней состраданья к трусам нет!
Она дает отваге крылья,
И мощь руке, и сердцу свет!
В себе творя неотвратимость,
Ударив громом в грудь Земли,
Свершает в миг необходимость,
Что годы сделать не могли!»

Христиан Гельдерин

Эндозоологическое (на уровне клеточного пространства) отравление (ЭЭО) высших организмов токсинами, тяжелыми металлами и радионуклидами сопровождается ответной реакцией их геномов. Подобно тому как для многоклеточного организма вода, воздух, почва и биота в целом представляют окружающую среду, для каждой клетки также имеется своя межклеточная окружающая среда внутри организма. Она представляет собой волокна и межтканевую постоянно движущуюся жидкость, в которую с недавних пор стали поступать в повышенных количествах из окружающей среды тяжелые металлы, химические токсины и радионуклиды. Естественно, организмы за 100 – 150 лет техногенной революции не научились выводить их из себя – для этого нужны тысячи лет эволюции. В результате развивается хроническое отравление – «интоксикоз» межклеточной среды.

Процесс концентрации в межклеточных пространствах химических загрязнителей, вызывающих, в частности, мутации, назван Ю. М. Левиным *эндозоологической болезнью (ЭЭБ)*. Сейчас она принимает характер эпидемии. Ею охвачено 50% территории

России, где проживает 70% населения. Именно ей мы обязаны резким ростом смертности детей и взрослых, снизившим срок жизни мужчин до 56 лет, увеличением числа инвалидов, дебилов и просто уродов, началом разрушения механизма генетической воспроизводимости. Эндозокологическое отравление предопределило и появление синдрома патологического старения детей и их интеллектуальной деградации.

Разумеется, медицина уже нашла методы борьбы с ЭЭБ. Труды Ю. М. Левина разработана эндозокологическая реабилитация больных ЭЭБ людей, с помощью которой удаляется до 90% межклеточных загрязнителей. Однако поддерживать здоровье по крайней мере половины населения Земли методом реабилитации по Левину – невыполнимая задача. Самое же главное заключается в том, что эпидемией ЭЭБ охвачены не только люди, а все живое, особенно водные организмы – рыбы и моллюски. Понятно, что их, а также наземных диких животных и растения, реабилитировать по Левину невозможно. Ну а человек, даже здоровый, существовать вне биоты, вне биосферы не сможет.

С последствиями действия некоторых техногенных загрязнителей человечество может как-то бороться. Но на прекращение или существенное уменьшение в течение 10 – 20 лет выбросов тяжелых металлов, хемотоксинов и радионуклидов в окружающую среду наша техногенная цивилизация в принципе не может рассчитывать. Для этого требуется изменить всю существующую технологию промышленности и сельского хозяйства, что невозможно ни по техническим, ни по экономическим причинам.

В 1995 г., по официальным данным, число россиян, испытывавших воздействие вредных веществ, в 10 раз превышающих ПДК, составляло 41 млн человек. Россия производила за год 122 млн т опасных отходов, и по индексу *Dwi* – отношению ядовитых и вредных отходов к общему объему – российское производство (*Dwi*-4,53) оказывалось в 20 раз опаснее для человека, чем западноевропейское (*Dwi* Германии – 0,26, США – 1,49). Совокупное воздействие токсических веществ объясняет быстрый рост дебилизации населения и в мире, и в России особенно. Так, если в 1991 г. в СССР было 50 млн

маргиналов и 5% дебилов, то в 1995 г. только в Москве стало уже 10% дебилов. Среди новорожденных в России уже сейчас 16% генетически неполноценных, то есть вплотную приближается к рубежу в 18%, с которого начинается генетическая деградация нации в целом.

Предсказать время и срок достижения критической точки концентрации элементов-отравителей, после которой изменения геномов эукариот пойдет лавинно необратимо, наука пока не может. Скорее всего, эту точку страны СНГ начнут переходить уже в ближайшие десятилетия, и для разных организмов и в районах с разным уровнем состояния экологической среды она будет различна. Можно думать, что такие, к примеру, города России, как Карабаш, Чапаевск и Норильск и такие области, как Кемеровская уже сейчас близки к «эндоэкологическому Чернобылю». Положение в Украине, очевидно, аналогично.

Самым страшным в современной ситуации является то, что 95% населения мира, включая его политическую элиту, не понимают последствий тотальной экокатастрофы для себя и своих потомков и не задумываются о путях выхода из кризиса. Современное человечество и наши политические лидеры удивительно похожи на персонажей знаменитой картины Питера Брейгеля. На ней изображены шесть слепых, держащихся за спины друг друга и бредущих по тропинке вдоль оврага за слепым же вожаком. Он оступился и падает вниз. Остальные в смятении, не понимая что случилось, шагают за ним в пропасть тоже.

Глобальный экологический кризис (ГЭК) уже почти никем не отрицается и признан ООН. Библейский же Армагеддон, предвидимый мудрецами во все времена как наказание за нарушение «божеских заповедей», а на современном языке – экологических законов и геохимических круговоротов, может стать реальностью уже в ближайшие 30 – 40 лет. Некоторыми учеными он именуется «коллапсом цивилизации», который, по их мнению, наступит не позже середины следующего века.

Хуже всего то, что наука не может предсказать – когда в каждом конкретном районе и для каждого конкретного организма будет достигнут критический предел ЭЭО, за которым начнутся лавинно

необратимые повреждения геномов. Но то, что мы неотвратно и быстро приближаемся к нему – это неоспоримый факт (Зубаков, 2001).

Проблема очистки сточных вод возникла давно. Рост городов, концентрация и рост числа промышленных предприятий заставили многие европейские страны еще в XVIII – XIX веках принять некоторые специальные законы и правила охраны вод, подчас весьма строгие. Например, в России требовалось, чтобы в выходных прудах очистных сооружений текстильных фабрик жила рыба. При отсутствии точных и чувствительных методов химического анализа такой естественный биологический индикатор чистоты воды был достаточно надежен. Во Франции промышленное предприятие имеет право забирать воду из реки только ниже по течению от места сброса собственных стоков, что, естественно, заставляет фирмы заботиться об их качественной очистке.

Каждое предприятие или цех имеет, как правило, сравнительно небольшой набор вредных веществ, сбрасываемых со сточными водами. Наиболее эффективна очистка стоков от этих примесей в специализированных очистных сооружениях того же цеха. Например, в стоках гальванических цехов обычно содержится много хрома, никеля, кислот. Нейтрализовать эти растворы, осадить хром и никель проще и дешевле тут же, в специализированном очистном сооружении. Только глубоко очищенные сточные воды можно сбрасывать в городскую канализацию, которая собирает все стоки на городские очистные сооружения.

Одна из наиболее устойчивых тенденций последних десятилетий – рост концентрации углекислого газа в атмосфере. В конце XIX – начале XX века она составляла 0,029%, в настоящее время – 0,034%, то есть увеличилась примерно в 1,12 раза. Ежегодный рост содержания двуокси углерода в воздухе медленно, но неуклонно увеличивается, и если эта тенденция не изменится, содержание этого газа в воздухе к 2020 году удвоится. Следствием этого станет развитие парникового эффекта и подъем средней температуры на Земле.

Различные расчеты предсказывают потепление вследствие парникового эффекта в среднем на 3-5 градусов Цельсия, но достоверность таких количественных прогнозов невелика, поскольку прак-

тически невозможно учесть все сопутствующие явления. Пока еще нет методов, которые давали бы возможность с высокой степенью надежности определить изменения систем океанских течений и воздушных потоков в условиях нового теплового баланса, учесть изменения из-за таяния полярных льдов и противоположно влияющего увеличения облачного покрова планеты. Вместе с тем опасность таяния ледниковых полярных льдов заключается не только в увеличении облачного покрова планеты, что приведет к дальнейшему разогреву, но и в возможном повышении на несколько метров и даже десятков метров уровня Мирового океана. Если это произойдет, огромные площади низменностей, на которых ныне живет не менее четверти человечества, окажутся под водой.

Подъем уровня Мирового океана существенно сократит площадь территорий, пригодных для жизни людей и ведения сельского хозяйства. Возникнут необычайно сложные и трудноразрешимые проблемы в экономике, демографии, политике, связанные с массовым переселением людей, острым недостатком продовольствия, ростом социальной и, естественно, международной напряженности. Но даже если ценой огромных и неизбежных потерь человечество сумеет приспособиться к жизни в новых климатических условиях, этого не сможет сделать подавляющая часть видов животных и растений, что приведет к катастрофическому уменьшению видового разнообразия жизни на Земле и поставит под вопрос саму возможность сохранения биосферы современного типа, в которой только и может существовать человек (Розанов, 2001).

Совсем недавно началось вселение на Американский континент европейского моллюска дрейссены. Это двустворчатый моллюск, раковина которого плотно прирастает к твердому субстрату – камню, бетону, металлу. Родина дрейссены – низовья рек бассейнов Черного и Каспийского морей. Личинки дрейссены свободно плавают, пока не осядут на любой твердый субстрат, которым может оказаться днище судна, раковина другого моллюска, металлические сетки и трубы водозаборных сооружений. На своей родине и в реках Европы, в которые дрейссена проникла еще в прошлом веке, у нее есть естественные враги: молодые моллюски во множестве поедаются многими рыбами отряда карпообразных, в частности плотвой,

которые ограничивают рост их численности. На американском континенте дрейссена впервые была обнаружена в 1988 г. в озере Сент-Клер, куда ее личинки попали с балластными водами судов, приходивших из Европы. При отсутствии в системе Великих Озер врагов дрейссена, которую американцы назвали «зебро-моллюском», уже в первые годы необычайно быстро размножилась и стала забивать своими раковинами водозаборные сооружения и заставила истраить на ремонтные работы сотни миллионов долларов.

Однако дрейссена оказалась опасной не только для технических сооружений. Массовое размножение этого моллюска-фильтратора, активно поедающего мелкие планктонные организмы, приводит к значительному снижению численности многих аборигенных видов моллюсков и рыб, чья молодь также питается мелкими планктонными животными и водорослями. Весь биоценоз может измениться за счет подавления видов, связанных с планктоном, и стать биоценозом преимущественно бентосного типа, в котором многие аборигенные виды окажутся перед угрозой исчезновения.

В 1993 г. Конгресс США издал труд «Вредные нетуземные виды в Соединенных Штатах», в котором констатируется, что дрейссена «завоевала» уже 18 восточных штатов, а ее потенциальный вред оценивается более чем в 3,3 миллиарда долларов.

Сравнимую по масштабам с «дрейсеновой» катастрофу в экосистеме Черного моря вызвал гребневик мнемипсис, личинки которого в конце 70-х годов попали туда также с балластными водами судов, приходивших из Америки. Этот гребневик обитает в эстуариях американских рек и в разной степени опресненных прибрежных водах, поэтому он приспособлен к широкому диапазону изменений солености воды. Мнемипсис – хищник, питающийся самыми различными планктонными животными, от мелких ракообразных и их личинок до мелких рыб. Это типичный эврибионт как минимум по отношению к двум факторам: к солености (эвригалинный вид) и к пищевым ресурсам (эвритрофный вид). Не имея в Черном море естественных врагов, он быстро размножился и произвел значительные опустошения в исходных экосистемах как прибрежных вод, так и открытого моря. Результатом вызванного мнемипсисом сниже-

ния численности большинства планктонных животных значительно сократилась кормовая база многих промысловых рыб, уловы которых сократились в несколько раз. Пока трудно предсказать, какой станет экосистема Черного моря после установления равновесия, когда численность гребневика-вселенца стабилизируется при новом уровне численности других животных и изменении характеристик их воздействия на сообщества водорослей и высших растений.

Генофонд человечества

Особый ресурс человечества – его собственный генофонд. Некоторый уровень рецессивных мутаций, в том числе летальных (смертельных) или вызывающих различные генетические заболевания – нормальное проявление существования у человека резерва наследственной изменчивости. Рождение отдельных детей с признаками генетических нарушений или даже уродств – неизбежная плата за сохранение приспособляемости. Однако если 300 лет назад, когда в Париже впервые был проведен учет уродств у новорожденных, число детей с явными генетическими нарушениями составляло менее 0,03%, то сейчас в большинстве стран оно возросло и составляет от 1 до 5%, а в отдельных местах экологических бедствий достигает 10%. Разумеется, эти данные нельзя сравнивать без поправок на разницу в методах диагностики 300 лет назад и теперь, к тому же высокая детская смертность в прошлые столетия частично «маскировала», по-видимому, некоторые генетические нарушения. Тем не менее рост числа генетических нарушений у людей не вызывает сомнений.

Этот «генетический груз» дорого обходится людям как экономически, так и психологически. Считается, что критическая величина частоты генетических нарушений у новорожденных составляет 13%. Это означает, что генетический груз становится настолько велик, что вырождение популяции уже неизбежно. Кстати, это было одним из главных соображений, заставивших противостоявшие друг другу ядерные державы еще в 60-е годы договориться о прекращении испытаний этого оружия в воздухе, на земле и на воде. Тем не менее радиоактивное загрязнение среды снова возрастает. Кроме того,

многие химические вещества, загрязняющие воздух, воду и пищу, обладают сильным мутагенным действием. Это ставит под угрозу сохранение генофонда человечества.

Безграничной способности живого к размножению противостоит генетический механизм самоуничтожения, начинающий действовать при достижении популяциями предела жизненных ресурсов их экологической ниши, названный «синдромом лемминга». Следуя ему, дельфины и киты выбрасываются на берег. У человека он замещен синдромом самоубийства и войн на истребление. Статистика последних лет четко свидетельствует о начале психосоматической дезадаптации человечества – резком росте числа самоубийств, в том числе и коллективных, наркомании, алкоголизма и других форм «ухода от жизни», в том числе в мир эзотерических иллюзий. Повсеместно фиксируется хроническая усталость и массовая пассивизация населения. Из этого можно сделать вывод, что психологическая установка на самоуничтожение приобретает явно глобальную выраженность.

Социально-экологические аспекты развития генетической инженерии

Рост численности людей на Земле в последние десятилетия принял характер «демографического взрыва», и это представляет собой ключевую проблему глобальной экологии. По мере развития науки и медицины, сельского хозяйства и промышленности человечество шаг за шагом выходит из-под контроля его численности средой обитания, все более преобразуя ее в соответствии со своими потребностями. Следствием этого становится стремительное нарастание загрязнения природной среды, угроза нарушения теплового баланса планеты, катастрофическое снижение биологического разнообразия. Приняв материальное благополучие в качестве главной жизненной цели и ценности и не выработав социокультурных механизмов ненасильственного ограничения своей численности, человечество стремительно разрушает природную среду, вне которой оно жить не в состоянии. К сожалению, до сих пор голод, войны и болезни остаются основными ограничителями роста численности

людей, и если людям не удастся выработать разумные и столь же разнообразные, как традиции и привычки разных народов, методы добровольного ограничения рождаемости, ни одной из глобальных проблем решить будет нельзя.

Потребность в «экологически чистых» продуктах питания, подержанная ужесточением предельно допустимых норм содержания вредных веществ и совершенствованием контроля качества продовольственных товаров, заставила обратиться к традиционным методам ведения сельского хозяйства. Ясно, однако, что их более низкая продуктивность не может удовлетворить потребности в продовольствии выросшего человечества. Необходимо насыщение традиционных для каждого народа почвосберегающих методов ведения сельского хозяйства достижениями современной науки. Следует признать, что «лобовая» химическая атака провалилась – она привела к снижению естественного плодородия почв и качества продукции. Очевидно, нужно постепенно переходить к методам, сочетающим достижения селекции, физиологии растений и экологии с традиционными технологиями обработки почв.

К их числу относится переход от монокультур к поликультурам, то есть к выращиванию на одном поле одновременно нескольких видов растений. В таком многовидовом сочетании, частично воспроизводящем естественные сообщества растений, гораздо эффективнее используются ресурсы света, воды, минеральных солей, почва меньше истощается, что позволяет существенно снизить расход минеральных удобрений и опасность их передозировки. Каждая отдельная культура может при этом давать меньший урожай в расчете на площадь, но суммарный урожай всех культур всегда оказывается выше. В опытах по поликультурам уменьшалась (даже без специальных затрат на борьбу с ними) численность насекомых-вредителей, лучше сохранялась структура почвы. Основная сложность в распространении поликультур – отсутствие специальной техники, которая традиционно ориентирована на монокультуры. Экология в этом случае, по-видимому, еще раз демонстрирует принцип «все связано со всем». Без самого деятельного участия представителей той самой техники, которую обвиняют во всех современных бедах,

невозможно решить основные экологические проблемы, в том числе перехода на поликультуры.

В экологии основными объектами изучения оказались экосистемы, принадлежащие к системам высокого уровня сложности. Их описание, анализ изменений, закономерности развития, например сукцессии, до сих пор не могут быть сделаны с математической точностью. Лишь самые общие тенденции, закономерности, практически не отражающие внутреннюю структуру сложных систем, доступны формализации и исследованию на моделях. Особенно сложные системы возникают при объединении систем большой сложности и образовании между ними достаточно разнообразной структуры связей. Таковы сверхсложные системы взаимодействия экосистем и человеческого хозяйства.

Единственной средой обитания человека служат экосистемы, в конце концов биосфера в целом. Обе системы оказываются в сильной зависимости друг от друга: эволюция одной из них до сих пор идет за счет другой, представляющей собой единственную основу существования первой.

Стабильность существования социально-экономической системы человечества возможна только при стабилизации экосистемной составляющей возникшей суперсистемы. Эта ситуация настоятельно требует не просто панического ограничения всех сторон жизнедеятельности человечества, а выработки надежных механизмов управления взаимодействием хозяйственных и природных систем. Однако сложность суперсистемы **человечество-природа** такова, что практически нет надежды в ближайшее, критическое для нас время создать математический аппарат и систему моделей, которые дали бы возможность надежного прогнозирования и выработки оптимальных решений.

Системой называют набор каких-либо объектов, которые взаимодействуют друг с другом по некоторым, не всегда нам известным, правилам. Уровень сложности систем может быть очень разным. Простейшие системы состоят из немногих элементов, простым образом взаимодействующих друг с другом. Система из двух космических тел, связанных взаимным притяжением, два электрических

заряда, взаимодействующие по закону Кулона, большинство взаимодействий, изучаемых в курсе физики, относятся к достаточно простым системам. Но уже Солнечная система, в первом приближении состоящая из центральной звезды и девяти планет, связанных друг с другом гравитационными взаимодействиями, представляет собой уже весьма сложную систему, и расчет, например, движения в ней межпланетного корабля – задача очень большой сложности. Только с использованием мощных вычислительных машин такая задача решается с удовлетворительной точностью.

Экосистемы слишком сложны для современных математических методов и вычислительной техники. Условно их можно отнести к категории сложных систем, отличающихся от «простых» не только большим числом разнородных элементов, но и разнообразием структуры и характера связей между ними. Именно число и характер связей определяют не только уровень сложности, но и основные свойства системы. Например, число типов нервных клеток в мозге не так уж велико, оно измеряется, даже с учетом разнообразия клеток каждого типа, всего немногими десятками; количество типов межнейронных контактов, синапсов – немногим более десятка. Все огромное богатство возможностей мозга зависит от числа нейронов и многообразия связей между ними. Это система, сложность которой превосходит современные возможности моделирования, если пытаться построить более или менее полную модель. В этом, собственно, и состоит проблема «искусственного интеллекта».

Не менее сложны большие экосистемы, состоящие из миллиардов особей десятков тысяч видов, связанные между собой пищевыми связями, изменениями общей среды, конкуренцией за убежища, свет и другие ресурсы, различными видами совместного использования ресурсов. Даже на первый взгляд не очень сложная система, такая как, например, еловый лес, при ближайшем знакомстве оказывается состоящей из множества видов и имеет сложную структуру изменяющихся во времени связей. Столь же или более сложны большие экономические системы, в которых взаимосвязаны люди, коллективы, промышленные, транспортные, энергетические, сельскохозяйственные компоненты, при разных культурах могущие иметь различный характер внутрисистемных связей.

Взаимодействие экономических систем с экологическими, иными словами, этносов со вмещающими их ландшафтами, есть всегда взаимодействие двух сложных систем, составляющих вместе сверхсложную суперсистему. Конечно, термины «простая», «сложная», «сверхсложная» в применении к системам достаточно условны и не означают наличия ясных границ между ними. Применять их можно лишь как описательные характеристики, и используются эти термины только для того, чтобы яснее осознать, что адекватные объекту, то есть практически полно описывающие его состав и свойства, модели пока могут быть реализованы только для сравнительно простых систем. Отсюда следует, что адекватную модель экосистемы, а тем более социоэкосистемы, в обозримом будущем построить, скорее всего, не удастся.

Рассмотрим некоторые основные свойства сложных систем, имея в виду условность термина «сложная». Один из основных признаков системы, заставляющий рассматривать ее как самостоятельный объект, заключается в том, что система всегда нечто большее, чем сумма составляющих ее элементов. Это объясняется тем, что наиболее важные свойства системы зависят от характера и числа связей между элементами, что и придает системе способность менять свое состояние во времени, иметь достаточно разнообразные реакции на внешние воздействия. Разнообразие связей означает, что есть связи разного «веса» или «силы»; кроме того, в системе возникают обратные связи с разным знаком действия – положительные и отрицательные. Элементы, или подсистемы, связанные положительной обратной связью, склонны, если их не ограничивают другие связи, взаимно усиливать друг друга, создавая неустойчивость в системе. Например, повышение средней температуры на Земле ведет к таянию полярных и горных льдов и поглощению большего количества поступающей от Солнца энергии. Это вызывает дальнейшее повышение температуры, ускоренное сокращение площади ледников – отражателей лучистой энергии Солнца и т. д. Если бы не многочисленные другие факторы, влияющие на среднюю температуру поверхности планеты, Земля могла бы существовать только либо как «ледяная», отражающая почти все солнечное излучение, либо как раскаленная, наподобие Венеры, безжизненная планета.

Дополнительные связи, ограничивающие эту положительную обратную связь, создаются уровнем углекислого газа в атмосфере, облачностью, деятельностью растений, распределением водных и воздушных течений. Отрицательные обратные связи обеспечивают способность систем к стабилизации состояния. Поэтому численность хищника, отрицательно воздействуя на численность жертвы, стабилизирует ее и, значит, самое себя, хотя связь жертва-хищник имеет положительный знак: увеличение численности жертвы позволяет хищнику также увеличить численность. Сочетание положительных и отрицательных обратных связей в ряде случаев создает в системах колебательные режимы.

Качество элементов, разнообразие их характеристик, так же как разнообразие в системе связей между ними, создает многие дополнительные свойства сложных систем. С этим связана еще одна сторона систем – степень их централизованности или, наоборот, дискретности. Пример сильно централизованной системы – Солнечная система: сосредоточение основной части ее массы в центральном светиле, Солнце, определяет подчиненное, но очень устойчивое положение остальных элементов, планет. Высокой степенью дискретности обладают, например, экосистемы; их устойчивость к внешним воздействиям тем выше, чем больше число составляющих их видов, которые более или менее равноправны как элементы системы и могут до некоторых пределов заменять друг друга и поддерживать состояние экосистемы.

Еще одно важное свойство сложных систем – их способность изменяться, эволюционировать во времени в соответствии с условиями существования и под действием внутренних законов. Например, вид эволюционирует как система, причем система достаточно сложная, многоуровневая: ее элементами являются и отдельные особи, и популяции, и экологические типы, и многие другие составляющие вплоть до подвидов.

Знание основных свойств сложных систем позволяет достаточно уверенно выделять в них наиболее важные элементы и связи, существенные переменные, определяющие главные тенденции изменений сложных систем под разными воздействиями. Конечно, для

того чтобы выделить действительно существенные переменные, нужно достаточно хорошо знать структуру связей и элементы системы. Часто применяемый при этом прием – разделение сложной системы на более простые подсистемы, иногда нескольких уровней. Последовательно исследуя такие подсистемы, удается в качестве элементов сложной системы рассматривать обозримое количество обобщенных данных. Именно таким путем создавались и создаются глобальные модели.

Однако прогнозы состояния сложных систем, таких как суперсистема биосфера-человечество, нужны прежде всего для практических целей. Мало с помощью моделей выбрать оптимальный сценарий будущего развития. Необходимо разрабатывать программы управления такими компонентами суперсистемы, как тип экономики, численность людей в целом и по регионам, затраты на очистку среды, здравоохранение, охрану и восстановление природных экосистем и множество других. Ясно, что глобальные модели могут дать для таких программ только ориентировочные показатели, достижение которых желательно. Такие программы в принципе не могут быть четкими планами действий, поэтому в процессе их реализации необходим постоянный контроль за результатами тех или иных действий, их своевременная корректировка.

В последнее время становится очевидно, что жизнь каждого человека протекает в системах, слишком сложных для того, чтобы можно было надеяться на полную предсказуемость благополучия каждого из нас. Тот или иной риск для здоровья, жизни, благополучия каждого человека есть всегда. Так, любой из нас может стать случайной жертвой дорожного движения, железнодорожной или авиакатастрофы, аварии на промышленном предприятии, инфекционного или иного заболевания и умереть раньше генетически предопределенного срока. В большинстве технических систем риск опасной для жизни или здоровья людей аварии может быть определен и заложен в конструкцию и технологию и, хотя он никогда не может быть нулевым, вероятность аварии по техническим причинам может быть доведена до приемлемого уровня. Приемлемым можно, по-видимому, считать уровень биологического риска, т. е. вероятность родиться с генетическим нарушением при фоновом

уровне мутагенных факторов в природной среде, получить системное заболевание сердечно-сосудистой или иной системы организма при оптимальном образе жизни, погибнуть от молнии, землетрясения или иного экстремального природного фактора.

Вероятность преждевременной гибели от не зависящей от человека случайной причины оценивается приблизительно величиной 10^{-6} . Такой уровень риска при проектировании технических систем считается приемлемым. Вместе с тем, если, например, очень надежный автомобиль, риск опасной поломки которого доведен до минимального уровня и составляет даже 10^{-7} , движется по дороге с множеством ям, крутых закрытых поворотов и других опасных участков, да к тому же плохо оборудованной дорожными знаками, вероятность аварии уже почти не зависит от надежности самого автомобиля, а определяется наименее надежным элементом системы движения, в данном случае – качеством дороги.

Очевидно, что вероятность аварии по техническим причинам для любого технического устройства, машины – величина переменная. По мере эксплуатации вероятность аварии возрастает из-за износа деталей. Если риск аварии нового сооружения составляет 10^{-6} , это не означает, что она произойдет через миллион лет. За время эксплуатации уровень риска возрастает и через некоторое время достигает единицы. Поэтому срок эксплуатации любой технической системы должен устанавливаться не на время вероятного сохранения работоспособности, а на время, в течение которого риск уменьшается до допустимого предела 10^{-4} .

Вероятность крупной экологической катастрофы может быть оценена в том случае, когда она может быть связана с аварией крупной технической системы, способной оказать существенное влияние на состояние природной среды на значительной территории. Например, если риск аварии на атомной электростанции составляет 10^{-5} , это означает, что в любой год из гарантийного срока ее эксплуатации авария может произойти с такой вероятностью. Понятно, что подобный черныбыльскому выброс радиоактивных загрязнений, разлив нефти при аварии крупного нефтепровода, подобная произошедшей в Бхопале авария на крупном химическом производстве

и множество рисков в сфере техники более или менее управляемы, и вопрос заключается преимущественно в экономической и социальной приемлемости определенного уровня риска, которого должны добиваться создатели каждой технической системы.

Ясно, что чем больше на некоторой территории опасных производств, тем выше вероятность того, что произойдет экологическая катастрофа или более или менее существенное нарушение состояния природной среды антропогенного (техногенного) происхождения. До некоторого уровня сложности структуры территориального размещения технических систем управление риском возникновения экологического бедствия того или иного уровня представляется осуществимым, поскольку здесь мы имеем дело с определенным риском, поддающимся количественной оценке и более или менее управляемым.

Иное дело – сверхсложные социоприродные системы, количество элементов которых и характер связей между ними не поддаются сколько-нибудь надежной оценке и не могут быть смоделированы. В этой ситуации количественная оценка риска невозможна, он становится неопределенным. К сожалению, отсутствие оценки подчас воспринимается требующими точности планирующими и разрешающими органами как свидетельство отсутствия реальной опасности негативных последствий реализации конкретного проекта, и он осуществляется.

Однако невозможность количественной оценки риска вовсе не означает его отсутствия. Тяжелые последствия нежелания и неумения учета неопределенных рисков подчас многократно превышают доход или социальный эффект реализации крупных проектов. Так было с проектом орошения рисовых полей водами Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи, что привело к ускорению падения уровня Арала и развитию в Приаралье экологической катастрофы; до сих пор никто не смог подсчитать соотношение доходов от дополнительно полученного риса и хлопка и потерь от исчезновения рыболовства на Арале, разрушения инфраструктуры поселений в Кара-Калпакии и массового ухудшения здоровья населения от разноса ветрами солей обсыхающих отмелей Аральского моря на многие сотни километров

вокруг него. На ветер выброшенными оказались средства, вложенные в сооружение дамбы, отделившей залив Кара-Богаз-Гол от Каспия, падение уровня в котором сменилось подъемом в вековом цикле естественных колебаний уровней Каспия и Арала (Розанов, 2001).

Похоже, что многие из яростных оппонентов сельскохозяйственной биотехнологии движимы скорее ненавистью к набирающей силу глобализации, нежели реальной обеспокоенностью безопасностью генетически модифицированных организмов (ГМО). Однако страх, порождаемый ими в общественном мнении по отношению к продуктам биотехнологии, в значительной мере обусловлен неспособностью наших учебных заведений привить учащимся хотя бы элементарные знания по сельскому хозяйству. Эти пороки системы образования ведут к чудовищным результатам: подавляющее большинство людей, даже считающихся весьма образованными, оказываются абсолютно невежественными в той области знаний, которая служит основой их повседневной жизни сегодня и, что еще важнее, – их выживания в будущем. Необходимо без промедления начать борьбу с этим невежеством, особенно среди благополучного городского населения сравнительно богатых стран, в частности, сделав обязательным для студентов всех специальностей изучение основ биологии.

Обеспокоенность потенциальной опасностью ГМО базируется преимущественно на представлениях о том, что введение «чужеродных» ДНК в основные сорта продовольственных культур «противоестественно» и, стало быть, сопровождается неустранимым риском для здоровья. Но поскольку все живые организмы, включая продовольственные растения, животных, микробов и т. д., содержат ДНК, как можно считать рекомбинантные ДНК «противоестественными»? Даже определить понятие «чужеродный ген» и то проблематично, поскольку множество генов оказываются общими для самых разных организмов. Конечно, необходимо указывать на наличие ГМО в продуктах, особенно в тех случаях, когда их свойства заметно отличаются от традиционных (скажем, по пищевой ценности) или в них присутствуют явные аллергены или токсины. Но в чем смысл такой идентификации в тех случаях, когда качества ГМО и обычных

продуктов не отличаются? Мне кажется, это серьезно дискредитирует основную цель любой маркировки – дать потребителю необходимую информацию о питательных или влияющих на здоровье качествах продукта с тем, чтобы он мог сделать «осознанный» выбор.

Что касается потенциального влияния на окружающую среду, возражения против трансгенных сортов, содержащих ген *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), являются особенно странными. Не только в научной, но и в популярной литературе не раз описаны свойства энтеротоксинов, полученных из этой бактерии – натурального инсектицида, достаточно давно использующегося в сельском хозяйстве. Однако активисты борьбы с ГМО неустанно плохо говорят о введении гена *Bt* в любые растения, даже не взирая на то, что это позволяет резко сократить его количество при применении. Отчасти возражения сводятся к опасениям, что широкое распространение растений, устойчивых к насекомым-вредителям благодаря введению в их геном гена *Bt*, вызовет мутацию насекомых, которая в итоге сделает применение подобных биологических инсектицидов неэффективным. Но эта цепочка рассуждений справедлива и в отношении химических инсектицидов, в данном случае речь, в общем-то, идет о количественных различиях.

Конечно, нельзя полностью исключить и ошибки при сертификации ГМО. Недавний пример такого рода дает нам «ограниченное одобрение» Агентством по охране окружающей среды для распространения в США *Bt*-гибрида кукурузы (печально известного *Starlink*), который был разрешен только в качестве корма для животных из-за его возможного аллергического действия на людей. Агентство гарантировало безопасность его использования в расчете на то, что в цивилизованном обществе отсутствуют каналы, которые на рынке перемешали бы корм для животных с пищей для человека. Однако *Starlink* оказался в некоторых пищевых изделиях и блюдах из кукурузы, что серьезно подорвало доверие потребителей к ГМ-продуктам. Несмотря на связанный с этим ажиотаж, нет абсолютно никаких оснований считать, что кукуруза стала вдруг небезопасной для человека. В данном случае страх перед возможными аллергическими реакциями вызван недобросовестностью отдельных участников рынка.

Между тем отдача от международного обмена идеями в этой области была впечатляющей. Международный обмен зародышевой плазмой удалось наладить в 50-е годы прошлого века, что стало своеобразной реакцией мирового сообщества на трагическое по своим последствиям заболевание пшеницы в Северной Америке. Это была настоящая эпидемия, заболевание затронуло все коммерческие сорта. Извлекая уроки из этого печального события, министерства сельского хозяйства США и Канады обратились ко всем исследовательским организациям на континенте с предложением об обмене семенами и их тестировании одновременно во многих местах. Первыми на это предложение откликнулись Кооперативная сельскохозяйственная программа правительства Мексики и Фонда Рокфеллера, а также ряд национальных исследовательских центров в Южной Америке. Идентификация новых сортов, устойчивых к упомянутому заболеванию, продолжается по сей день. Неудивительно, что это заболевание не отмечалось ни на одном из полей в Америке вот уже полвека.

Международное сотрудничество по проверке зародышевой плазмы и информационному обеспечению в этой области позволило уничтожить психологические барьеры, которые прежде разделяли селекционеров разных стран, и надеяться на качественно новый этап в использовании всего генетического многообразия. Даже политики стали считаться с тем обстоятельством, что отдельные селекционеры ныне могут неограниченно пользоваться любой информацией, полученной в международных питомниках, для выведения новых сортов или коммерческого применения существующих. Это способствует ускоренному выведению новых высокоурожайных и устойчивых к заболеваниям и вредителям сортов и вселяет надежду на то, что мир вступает в новую, «золотую», эру селекции растений.

Оппоненты биотехнологии сегодня пытаются убедить страны «третьего мира» в том, что их традиционные сорта могут быть украдены «биопиратами» из частных биотехнологических компаний, и призывают принять национальные законы, препятствующие обмену семенным материалом. Эти попытки бесперспективны. За последние 500 лет концепция «местных генетических кладов» за-

метно потускнела. Арахис, бобовые, картофель, кокос, кукуруза и перец (перечень можно было бы продолжать еще долго) первоначально произрастали лишь в Америке, но благополучно завоевали Азию, Африку и Европу, отнюдь не вытеснив местные культуры, а гармонично дополнив их и обогатив биоразнообразие этих регионов. В то же время груша, овес, пшеница, рис, рожь и ячмень распространились в другие части света из Азии, а кофе, просо и сорго – из Африки. Так что в историческом аспекте все страны оказывались в той или иной степени донорами и реципиентами.

Группа немецких и бразильских ученых сообщила о создании методом генной инженерии нового вида томатов, пыльца которых не способна передавать модифицированные гены соседним растениям. Дело в том, что, хотя многие ученые полагают, что генетически модифицированные растения могут помочь в борьбе с голодом и болезнями, все же существует опасность контаминации соседних культур. Теперь исследователи утверждают, что найден способ этого избежать. Это означает, что в будущем новый вид томатов может быть использован как своего рода фабрика по производству лекарств и вакцин в съедобной форме.

Рекомбинантная ДНК позволяет селекционерам отбирать и вводить в растения гены «поодиночке», что не только резко сокращает время исследований по сравнению с традиционной селекцией, избавляя от необходимости тратить его на «ненужные» гены, но и дает возможность получать «полезные» гены из самых разных видов растений. Эта генетическая трансформация сулит огромную пользу для производителей сельскохозяйственной продукции, в частности, повышая устойчивость растений к насекомым-вредителям, болезням и гербицидам. Дополнительные выгоды связаны с выведением сортов, более устойчивых к недостатку или избытку влаги в почве, а также к жаре или холоду – основным характеристикам современных прогнозов грядущих климатических катаклизмов.

В 1996 – 2004 гг. площади, засеянные трансгенными сортами основных продовольственных культур, увеличились почти в 50 раз (с 1,7 до 80 млн га).

Сегодня все реальнее выглядят перспективы сельскохозяйственной биотехнологии предоставить такие растения, которые будут использоваться как лекарства или вакцины (например, против распространенных болезней, подобных гепатиту *B* или диарее). Мы будем просто выращивать такие растения и есть их плоды, чтобы излечиться от многих болезней или предотвратить их. Трудно даже представить, какое значение это может иметь для бедных стран, где обычные фармацевтические средства все еще в диковинку, а традиционные программы вакцинации по линии ВОЗ оказываются слишком дорогими и трудно выполнимыми.

Все описанные в предыдущих главах последствия могут наступить без какого бы то ни было дальнейшего прогресса самой революционной из всех биотехнологий – генной инженерии. Сегодня генная инженерия обычно используется в сельскохозяйственной биотехнологии для создания генетически модифицированных организмов, таких как кукуруза *Bt* (вырабатывающая собственные инсектициды) или соевые бобы *Roundup Ready* (устойчивые к определенным гербицидам), – продуктов, которые стали средоточием возражений и протестов во всем мире. Очевидно, следующий шаг, – применить эту технологию к людям. Генная инженерия человека самым прямым образом поднимает вопрос о новом виде евгеники, со всеми соответствующими моральными последствиями, которыми это чревато в мире, и в результате – о возможности изменения природы человека.

Человечество на распутье. Куда пойдет его биологическая эволюция? Какое социальное будущее нас ждет? Устоим ли мы – носители Разума – перед иррациональными последствиями использования тех сил, которыми овладели, чтобы выжить? Никто, кроме нас и наших потомков, не ответит на эти вопросы. Чтобы выжить в этом мире, надо его исследовать и уметь изменять. Такова судьба и предназначение Человека во Вселенной. Высокая и трагическая судьба. Иной нам не дано...

ЧАСТЬ II

НАУКА И ТЕХНОЛОГИЯ В ОБЩЕСТВЕ РИСКА

Точка зрения философа

ВВЕДЕНИЕ. ТЕХНОГЕННАЯ ШИВИЛИЗАЦИЯ, «ОБЩЕСТВО РИСКА» И ФЕНОМЕН «ОПАСНОГО ЗНАНИЯ»

Термином *экология* принято обозначать научную дисциплину, предмет изучения которой составляет совокупность отношений организмов с окружающей средой и друг с другом. В ходе исторического развития эти отношения все более приобретают характер сопряженной эволюции взаимозависимых информационных систем.

Таким образом, как только исследователь переходит от анализа отношений изолированного организма с окружающей гомо- или гетерогенной средой обитания к синтезу целостной системы взаимосвязей зависимых друг от друга организмов, понятия *экология* и *коэволюция* оказываются интегрированы в едином концептуальном поле.

С другой стороны, категориальный аппарат эволюционной экологии оказался адекватным инструментом исследования неравновесных, нелинейных систем, обладающих памятью и способных к автономной репликации. Именно с этим обстоятельством связано отмеченное Н. Киселевым и Ф. Канахом¹ восприятие (возможно, несколько гипертрофированное) экологии как дисциплины, «ассимилирующей все проблемы естественнонаучного и социогуманитарного профиля». В этом смысле экология (наряду с генетикой, о чем

¹ Кисельов М. М., Канах Ф. М. Національне буття серед онкологічних реалій.– К.: Тандем, 2000.– С. 20.

будет сказано ниже) является тем каналом, через который происходит плодотворный информационный и концептуальный обмен между этими сферами духовной культуры. Симптомом этого стало возникновение двух междисциплинарных отраслей науки – социальной экологии и конституировавшейся в последние годы социальной генетики («*community genetics*»).

Среда обитания человека наряду с абиотическими и биотическими компонентами имеет и социокультурную составляющую. Равным образом ролевые отношения отдельных членов социума определяются и биологическим, и социальным статусом составляющих его индивидуумов. Эволюционно-экологический стиль мышления радикальным образом влияет на представления человека о закономерностях развития, целях и этике развития культуры, технологии, цивилизации в целом. В своем комплексе проблемы отношений Общества и Природы составляют предмет социальной экологии. Однако по мере усложнения и дифференциации структурно-функциональной организации социума его отдельные элементы обретают определенную автономию. В этом смысле, на наш взгляд, можно говорить и о социальной экологии науки, социальной экологии технологии и т. п.

Соответственно предмет исследования социальной генетики можно определить как изучение взаимодействия биологической и социокультурной формы наследования. Действительно, социальные проблемы, возникающие в результате прогресса генетики и генных технологий, невозможно, как правило, решить лишь с использованием средств только естествознания или социогуманитарных дисциплин. Предлагаемые ими концепции оказываются комплементарными и не сводимыми друг к другу. Каждый раз оказывается необходим не только междисциплинарный, но и этико-культурный концептуальный синтез. Сказанное в принципе относится и к социально-экологическим коллизиям.

По самой своей природе наука играет роль приемника и коллектора, обеспечивающего приобретение обществом объективной информации о природных системах. Она обеспечивает формирование в менталитете адекватной модели окружающей среды, и следовательно, – модусов поведения, обеспечивающих выживание и

благополучие вида *Homo sapiens*. Иными словами, в соответствии с получаемой научной информацией осуществляется непрерывная модификация и оптимизация адаптивной эволюционной стратегии человечества.

Подобно организм, живущим в зоне приливов, на границе трех сред – моря, суши и атмосферы – естествоиспытатель живет в трех мирах – обезличенной и бесстрастной, чуждой понятиям Добра и Зла Природы, заинтересованного, пристрастного и противоречивого мира субъективных Идей и мира объективного Знания, обеспечивающего связь Природы и Сознания.

Любой эксперт в социально значимой области исследований учитывает, по крайней мере, подсознательно, «как слово наше отзовется» в обществе, а следовательно, находится в ситуации потенциального конфликта интересов. Причины такого конфликта проистекают из многозначности его (исследователя) социальных ролей – члена научного сообщества, сторонника определенной политической партии, верящего или не верящего в Бога, как его понимает конкретная религиозная конфессия, носителя определенного этнокультурного типа и проч. Удивительно не то, что этика, политика, религия и т. п. постоянно вторгаются в научное знание, а то, что, несмотря на это, проблема демаркации науки, как сформулировал ее Карл Поппер, оказалась разрешимой по крайней мере практически. Об этом свидетельствует грандиозная конструкция «позитивного знания», возведенная человечеством за последние 350 – 400 лет.

Новая научная информация в конечном итоге усиливает адаптивный потенциал человечества, но она же может стать причиной усиления существующих и возникновения новых источников социальной нестабильности (социальных рисков). Следствием этого должно стать развитие в социуме адаптивной реакции. До разрешения этой ситуации соответствующий массив научной информации воспринимается обществом как **«опасное знание»**, **«опасная наука»** (*risk science*). По сути исследование феномена «опасного знания» равнозначно изучению механизмов инициации, пролиферации и терминации коэволюционного конфликта, возникающего в системе Природа – Наука – Социум.

По определению наличие риска означает присутствие некоторого источника опасности в социоэкологической среде обитания человека. С возникновением феномена «опасного знания» таким источником становится то, что ранее считалось условием и предпосылкой безопасности.

Современная (постиндустриальная) фаза эволюции техногенной цивилизации имеет свои качественные отличия от предшествующих стадий социоэкономического развития. Хозяйственная деятельность всегда была сопряжена с риском, и превращение науки в непосредственную производительную силу¹ означает, что риск становится атрибутом не только социоэкономического, но и научно-технического прогресса.

Цикл производства риска и цикл производства богатства – два неразрывно сопряженные между собой процесса. Технологические инновации служат не только удовлетворению человеческих потребностей и формированию новых. Они снижают уровень уже существующих, возникших на предыдущих фазах противостояния Человека и Природы рисков и, в силу исторической ограниченности научных знаний, порождают при этом новые риски, элиминация которых – задача следующих инноваций.

Таким образом, в ходе социоэкономического развития человек постоянно «вытесняет» риски и опасности собственному существованию и благополучию за пределы контролируемой обществом части природы. Напрашивается аналогия с живыми организмами, поддерживающими постоянно собственную организацию и константность структуры, «выбрасывая» энтропию в окружающую среду.

Благодаря адаптивной стратегии преобразования природы человечество существенным образом уменьшило величину опасности, происходящую от действия природных катаклизмов и непредвиденного действия природных сил, находящихся вне социокультурной сферы среды обитания, контролируемой человечеством.

На первый взгляд выглядит парадоксом, что резкое повышение статуса устранения риска в шкале приоритетов техногенной цивили-

¹ В соответствии с расхожим, но от того не менее точным высказыванием Карла Маркса.

лизации наблюдается именно теперь – на рубеже II и III тысячелетий н. э. Угроза голода в развитых странах ликвидирована. Продолжительность жизни за последние 100 лет увеличилась в несколько раз – с 27 – 30 до 70 – 75 лет. Точно так же снизилась величина детской смертности, эпидемии чумы, холеры и других инфекционных болезней, в эпоху Средневековья опустошавших страны Европы, ликвидированы. Современные инфекции – «птичий грипп», «атипичная пневмония», «болезнь легионеров» и проч. не сопоставимы с ними по наносимому ущербу и, во всяком случае, современная медицина располагает значительно более мощным и хорошо апробированным арсеналом профилактики и лечения инфекций по сравнению с временами Антони Ван Левенгука и Луи Пастера. (Единственное исключение представляет собой синдром приобретенного иммунодефицита.) В социуме сформировались достаточно мощные механизмы социальной защиты от риска и структуры, осуществляющие эту функцию.

Но ограничен не только объем наших знаний о природе, обществе и самих себе. Ограничены и доступные природные ресурсы, необходимые для удовлетворения наших потребностей. Ограничены и емкость гомеостатических процессов в биосфере, позволяющих компенсировать последствия производственной и хозяйственной деятельности. В силу этого производственная деятельность человечества была неизбежно связана с прогрессирующим истощением возможностей использования уже вовлеченных в хозяйственную деятельность ресурсов и постоянным поиском и вовлечением в производство новых ресурсов. В результате к концу XX века возможности среды обитания компенсировать ее последствия, поддерживать основные параметры в пределах, пригодных для достойного существования самого человека, оказались почти исчерпанными. Уровень производства рисков стал приближаться к объему производства богатства. Такова объективная основа трансформации техногенной цивилизации в «общество риска».

«От доиндустриальных природных бедствий риск отличается тем, что его истоки надо искать в решениях, которые принимают не индивидами, но целыми организациями и политическими

группами», – справедливо заметил У. Бек в одной из своих статей¹. И с другой стороны – в науку проникает неустраняемая этическая составляющая, происходит синтез двух когнитивных моделей, двух аксиологических систем – естественнонаучной и социогуманитарной: опасное знание и технологический риск «допускают что-то вроде «технологической морализации», которая больше не нуждается в непосредственном применении моральных и этических императивов... Применительно к подобным случаям можно сказать, что исчисление рисков – это пример своеобразной этики без морали, математической этики технологического века»².

Категория риска, а следовательно, и «опасного знания», имеет не только объективно научную, но и альтернативную – субъективно ментальную, социокультурную составляющую.

Во-первых, восприятие риска не в последнюю очередь зависит от индивидуально личностных качеств субъекта. А последние, в свою очередь, преформируются предшествующей генно-культурной и социокультурной эволюцией.

Во-вторых, интерпретация степени опасности в значительной мере определяется культурно-психологическими парадигмами. В культурологической теории риска Мери Дуглас и Аарона Вилдавски именно культурно-психологической компоненте отводится роль ведущего формообразующего фактора, определяющего восприятие создаваемого наукой и технологией риска социумом и отдельными индивидуумами.

Однако если восприятие риска и меняется в зависимости от культурного контекста, усиливаясь или ослабевая в зависимости от этических и идеологических стереотипов, то все же исходный материал для интерпретации в терминах риска или выгоды предоставляется собственно наукой. В генезисе, инициации и развитии опасного знания, по нашему мнению, играют свою роль все три со-

¹ Beck U. From Industrial Society to the Risk Society // *Theory, Culture and Society*, February 1992. – Vol.9, No.1. – P.97–123. Русск пер.: Бек У. От индустриального общества к обществу риска // *THEISIS*. – 1994. – Вып. 5. – С. 163.

² Там же.

ставляющие – исследование наукой результатов собственной деятельности, биолого-генетические предпосылки индивидуальных различий восприятия и реакции на потенциальную угрозу и возможный выигрыш, социокультурная канализация способов оценки риска. Аргументы в пользу этой точки зрения будут изложены в последующих разделах.

Появление доктрины «опасного знания» стало одним из симптомов трансформации менталитета человечества на рубеже III тысячелетия – ощущения глубокого кризиса, переживаемого современной цивилизацией, тупика, в котором оказался *Homo sapiens* в результате последовательной реализации адаптивной стратегии, основанной на познании и преобразовании природы в соответствии со своими потребностями – вначале биологическими (выживание и размножение), а затем все более изощренными и все менее связанными, а то и разрушающими основу существования и самого человечества, и биосферы в целом.

Одним из истоков этой тенденции является разочарование в научном прогрессе, который ранее рассматривался как единственный способ решения социальных и гуманитарных проблем, преодоления затруднений и кризисов, перед лицом которых оказывалось человечество. С конца 50-х – начала 60-х годов XX века¹ – отсчет можно вести с разработки экологической модели последствий ядерной войны («ядерная зима») и прогнозов Римского клуба – мироощущение, а затем и сама стратегия выживания Западной цивилизации претерпели радикальные перемены. Переход из фазы индустриального общества в фазу постиндустриальную – ядерные, информационные, компьютерные, генные технологии, вызванный ими футурошок привели к кризису ментальности техногенной культуры.

В основе футурошока лежит, по замечанию известного российского футуролога И. В. Бестужева-Лады, так называемая *футуро-*

¹ Моисеев Н. Н. Судьба цивилизации. Путь разума.– М.: Язык рус. культуры, 2000.– 224 с.; Печчеи А. Человеческие качества: Пер. с англ. О. В. Захарова; Общ. ред. Д. М. Гвишиани.– 2-е изд.– М.: Прогресс, 1985.– 312 с.; Форрстер Дж. Мировая динамика: Пер. с англ.; Под ред. Д. М. Гвишиани, Н. Н. Моисеева.– М., 1978.– 167 с.

фобия – боязнь будущего, страх перед тем, что мы называем научно-техническим и социальным прогрессом. «Футурофобия», – пишет он далее, – в известном смысле играет положительную роль для отбраковки идей (обычно – подавляющего большинства почти всех идей той или иной направленности), способных привести к порождению нововведений опасных, губительных для общества. И поскольку инновационные силы сегодня значительно мощнее, все чаще успешно преодолевают спасительный для общества «эффект футурофобии», необходимы искусственные механизмы, имитирующие его, для «испытания на прочность», точнее, на конструктивность каждого нововведения. В этих механизмах важную роль призваны сыграть различные способы «взвешивания» последствий намечаемых или реализуемых нововведений». Итак, пока футурофобия интегрирована в систему инновационной селекции, она служит синхронизации темпов социокультурных и научно-технологических трансформаций, т. е. обеспечивает их сопряженную стабильную эволюцию. Иное дело – футурошок, развивающийся в том случае, когда величина футурофобии превосходит верхнюю границу адаптивной нормы: «Футурофобия», если пустить дело на самотек, предоставить событиям развиваться стихийно, все еще достаточно сильна, чтобы подавить любое в принципе нововведение, причем отнюдь не исключено, что подавлено будет как раз конструктивное, позитивное и тем самым открыта дорога для опасного, губительного». Таким образом, заключает И. В. Бестужев-Лада, проявления футурошока и футурофобии не должны реализоваться целиком спонтанно, оказывается необходимой разработка методологии социополитического мониторинга и контроля: «Необходимы искусственные механизмы, не позволяющие рутинному мышлению пресечь конструктивное нововведение в зародыше. Для этого нужно, во-первых, научиться отделять плевелы от зерен, т. е. потенциально конструктивные нововведения от потенциально разрушительных для общества. Во-вторых, нужно научиться уберегать нарождающееся конструктивное от обычно господствующего рутинного. В обоих случаях «взвешивание» позитивных и негативных последствий также способно сыграть благотворную роль при одном условии: при четких

теоретических установках, учитывающих сложный диалектический характер «эффекта футурофобии» в обыденном сознании»¹.

Таким образом, вопреки мнению Ф. Фукуямы², пусковой механизм, приведший к глубоким изменениям в культуре и экономике Западной цивилизации, ведет свое начало не из философско-антропологических конструктов, а из результатов конкретно научных междисциплинарных изысканий. Можно, вероятно, считать концепцию риска логически вытекающей из саморефлексивной методологии научного исследования, внедрившейся в естественные и экономические науки, которые, таким образом, приобрели свойство «человеко-размерности». Столь же справедливо утверждать, что концепция риска возникла в результате синтеза двух когнитивно-объяснительных моделей – естественнонаучной и социогуманитарной.

В настоящее время число публикаций в области исследований социальных и техногенных рисков огромно³. Из всего тематичес-

¹ Бестужев-Лада И. В. Социальное прогнозирование: Курс лекций.– М.: Педагогическое общество России, 2002.– 392 с.

² Fukuyama F. The end of History? // The National Interest.– 1989.– No 16.– P. 3 – 13.

³ Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Проблемы устойчивого развития человечества // Россия в окружающем мире: 1998: Аналит. ежегодник.– М.: Изд-во МИЭПУ, 1998.– С. 39 – 52; Зубков В. И. Риск как предмет социологического анализа // Социол. исследования.– 1999.– № 4.– С. 3 – 9; Исаев И. «Общество риска» в условиях глобализации // Социс.– 2001.– № 12.– С. 15 – 21; Катастрофическое сознание в современном мире в конце XX века (По материалам международных исследований) / Под ред. В. Шляпентоха.– М.: МОНФ, 1999.– 347 с.; Лева-шов В. К. Устойчивое развитие общества: Парадигма, модели, стратегии.– М.: Academia, 2002.– 176 с.; Лесков Л. В. Постигание непредсказуемого: Бифуркационное пространство XXI века / Л. В. Лесков // ОНС: Обществ. науки и современность.– 2001.– № 6.– С. 167 – 175; Лось В. А., Урсул А. Д. Устойчивое развитие.– М.: Агар, 2000.– 254 с.; Луман Н. Риск, неопределенность, случайность // THESIS.– 1994.– № 5.– С. 135 – 140; Назаретян А. П. Синергетическая модель антропогенных кризисов и количественная верификация гипотезы техно-гуманитарного баланса // Синергетич. парадигма: Многообразие поисков и подходов.– М.: Прогресс-Традиция, 2000.– С. 458 – 467; Рачков В. П., Новичкова Г. А., Федина Е. Н. Человек в современном технизированном обществе: Проблемы безопасности развития.– М.: ИФРАН, 1998.– 194 с.; Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика.– М.: Наука, 2000.– 431 с.; Яницкий О. Н. Социология и рискология // Россия: Риски и опасности «переходного» общества.– М., 2000.– С. 9 – 36; Яницкий О. Н. Социология риска: ключевые идеи // Мир России.– 2003.– № 1.– С. 3 – 35 и др.

кого разнообразия исследуемых проблем выделим три, имеющие непосредственное отношение к настоящему исследованию.

Стратегия адаптации к риску. Принципиально возможны две альтернативы приспособления человечества к рискогенной социоэкологической среде. Первую из них можно было бы назвать «**стратегией элиминации (устранения) источников риска**». Исходным в этом случае может быть изменение либо социокультурной, либо генетико-биологической составляющих бытия человечества. Основную идею первого сценария сформулировал Н. Н. Моисеев¹: «Следование принципам и ценностям, утвердившимся после неолитической революции, которые определяли развитие общества, может иметь для человечества самые трагические последствия. Человечество подошло к необходимости очередной перестройки характера своей эволюции, ее механизмов. И снова, как и в палеолите, когда был изобретен каменный топор, и в неолите, когда люди создали метательное оружие, основной причиной кризиса оказывается несоответствие поведения человека тем техническим возможностям второй природы, которые открывает цивилизация. И каждый раз эти противоречия раскрываются по-своему». Для второго сценария подходящую метафору подобрал В. В. Вельков²: «Пришло время второго изгнания из Рая, когда человек «в поте лица своего» сам будет «создавать и скот свой, и злаки свои», и сам будет гены рода своего». Достаточно очевидно, что в случае реализации любой из этих возможностей подразумеваются фундаментальные изменения в менталитете, идеологии и культуре Западной цивилизации, ее переориентация на несовместимую (или по крайней мере, весьма отличную) систему ценностных приоритетов в сравнении с ныне существующей.

Альтернативная стратегия – **стратегия управления риском**. Это означает нахождение решения проблемы, не выходящей за пределы технологического детерминизма как идеологии техногенной

¹ Моисеев Н. Н. Судьба цивилизации. Путь разума.– М.: Язык рус. культуры, 2000.– Гл. 3.

² Вельков В. В. По ту сторону эволюции // Человек.– 2004.– № 2.– С. 22 – 30. Автор воспользовался парафразом Ветхого Завета (Бытие, 2, 17 – 19).

цивилизации¹. Предусматривается создание политико-экономической организации общества, направленной на минимизацию величины антропогенного, техногенного и социального риска и удержание его в «*приемлемых*»² границах. Финансовая технология управления риском уже существует и отработана в течение нескольких столетий (имеется в виду система страхования). Естественно, самого по себе экономического механизма недостаточно, требуются новые технологические схемы и методологии материального производства, политического (биополитического) управления, образования и воспитания и т. д. Наиболее обстоятельной попыткой создания целостной системы минимизации риска можно считать концепцию устойчивого развития по программе «Повестка дня на XXI век», принятой на конференции в Рио-де-Жанейро представителями 179 государств. Программа предусматривает 2500 видов согласованной совместной деятельности стран в 150 областях³.

Социальная психология и социология восприятия риска.

Несмотря на достаточно большой интерес к исследованию социокультурной обусловленности понятия риска, социология катастрофического сознания и социально-психологический механизм формирования тех или иных фобий, связанных с восприятием риска, крайне немногочисленны. Этот факт констатируется в одной из фундаментальных исследований последнего времени. Здесь же отмечается и другое обстоятельство: при превышении ментальной реакции на риск некоей пороговой величины она перестает быть адекватно адаптивной. При этом в обществе возникает и распро-

¹ В одном из своих фантастических романов Роберт Хайнлайн наиболее резко очертил основную идею этой стратегии, еще незамутненной никакими отклонениями от идеологии технологического оптимизма: «Нам придется научиться жить с этим кошмаром, так же как мы научились жить при атомной бомбе» (Хайнлайн Р. Собр. соч. Т. 2.– Х.: Око, 1992.– С. 180). Иными словами, обратной дороги нет, нет и реальной альтернативы, только вперед!

² В данном контексте «приемлемый» означает, очевидно, что величина риска не ставит под сомнение существование разумной жизни и ее носителя *Homo sapiens* с присущей ему генетико-соматической организацией.

³ Подробнее см.: Левашов В. К. Устойчивое развитие общества: Парадигма, модели, стратегия.– М.: Academia, 2001.– 142 с.

страняться в широких масштабах особый тип мышления и сознания – катастрофическое. Если же уровень страха, порождаемого реальными источниками социального риска, оказывается ниже минимального порога, происходит социальная демобилизация, также имеющая явный деструктивный эффект. Таким образом, стабильно-гомеостатическое развитие общества возможно только в определенном диапазоне ментальной реакции на риск. За его пределами социум теряет свою социокультурную пластичность, способность контролировать величину риска на приемлемом уровне. При этом характер каждой из угроз настолько своеобразен и всеобъемлющ, что это фактически делает невозможным создание общесоциологической теории страха: феномена, в котором сильно переплетены эмоциональный и когнитивный компоненты¹.

Научное знание как один из основных источников социально риска. Очевидно, что природа техногенной цивилизации делает науку и технологию одним из основных источников риска, и в то же время – единственным средством диагностики и элиминации, или устранения, его источника. Концепция стабильного развития подразумевает необходимость разработки рациональных способов управления риском этого рода. Однако для этого оказывается необходимым понять природу и механизмы генезиса феномена «опасного знания», превращения научной теории из фактора силы в фактор слабости.

Риск начинает восприниматься не как факультативный, преходящий, а как облигатный, неустранимый элемент социальной жизни, одна из наиболее важных движущих сил эволюции человечества. Современное общество действительно превращается в «общество риска». Этот бренд, введенный в обиход Ульрихом Беком и Никласом Луманом², означал начало коренной трансформации политичес-

¹ Катастрофическое сознание в современном мире в конце XX века (По материалам международных исследований) / Под ред. В. Шляпентоха.– М.: МОНФ, 1999.– 347 с.

² Bek U. Risikogesellschaft. Auf dem Weg in Eine Andere Moderne.– Frankfurt-am-Maine: Suhrkamp, 1986; Luhmann N. Sociologiedes des Risikos.– Berlin, 1991. Несколько ранее попытку анализа современной цивилизации под этим углом зрения предприняли М. Дуглас и А. Валдавски (Douglas M., Wildavsky A. Risk and Culture: An Essay on Selection of Technological and Enviromental Dangers.– Berkley, 1982).

кого мышления и экономической философии Запада, волна которой благодаря мощной экспансионистской тенденции, характерной для техногенной цивилизации, с большей или меньшей скоростью проникает в ментальность стран постсоветского геополитического пространства и «третьего мира».

Сущность подобной трансформации нельзя свести просто к усилению антисциентистских тенденций в общественном мнении и прогрессирующему ослаблению доминант техногенного детерминизма.

Девиз техногенной цивилизации можно было выразить трехчленной формулой, восходящей к знаменитому афоризму Френсиса Бэкона:

*Знание – Сила,
Знание – Безопасность,
Знание – Благо.*

Первые два члена этой триады присутствуют в концепции техногенной культуры в явном виде, третье обычно подразумевается неявно, но позитивная эмоциональная окраска *Научного Знания*, обеспечивающего его обладателю и *Силу* противостоять природным стихиям, и сознательному злему умыслу, и способность обеспечить собственную *Безопасность* в этом враждебном и переменчивом мире, очевидна.

Ныне положение изменилось. Доктрины, отрицавшие если не реальность научно-технического прогресса, то сомневающиеся в том, что новое Знание есть не только Сила, но и Добро, появлялись за время существования техногенной цивилизации (XVII – XX вв.) не раз, но в настоящее время они стали элементом практической политики. Социальный статус науки и технологии в массовой культуре заметно снизился. Как писал В. А. Кутырев¹, отставание темпов реального технологического прогресса от футурологических и художественных прогнозов середины XX в. вызвали у рядового обывателя чувство «обмана и разочарования». Однако и сама наука

¹ Кутырев В. А. Человек в бесчеловечном мире // Природа.– 1989.– № 5.– С. 3 – 10.

приобретает новый имидж: «Социум перестал воспринимать прогресс науки и медицины однозначно положительно», тогда как в прошлом «исследования в области медицины... ассоциировались с идеей прогресса и процветания. Приобретение новых знаний расценивалось как шаг перспективный, научные достижения никогда не воспринимались как движение назад»¹.

Эти изменения ментальных установок четко зафиксированы уже и в сфере методологических конструктов. Так, например, развиваемой Б. Г. Юдиным и И. И. Ашмариним концепции гуманитарной экспертизы² научно-технических инноваций в качестве ее основополагающих принципов предлагаются:

1) презумпция виновности – любое социальная или научно-техническая инновация может рассматриваться как источник риска, пока в отношении него не доказано обратное;

2) презумпция бдительности – социальный риск научно-технической инновации возникает не вследствие принципиальной непредсказуемости их результатов, а благодаря отсутствию или низкой эффективности системы мониторинга.

Иными словами – наука становится объектом глобального социального контроля.

И наконец, гипертрофированный рост недоверия к науке в глазах некоторых исследователей приобретает глобальный характер «кризиса концепций масштабных социальных модернизаций»³, который укореняется в массовом сознании. (Парадокс в том и состоит, что прогресс технологии в значительной мере ответственен за ге-

¹ Запорожан В. Н. Биоэтика в современной медицине // Перший національний Конгрес з біоетики, 17 – 20 вересня 2001 р.: Тези доп.– К., 2001.– С. 5.

² Ашмарин И. И., Юдин Б. Г. Основы гуманитарной экспертизы // Человек.– 1997.– № 3. См. также: Скирбекк Г. Есть ли у экспертизы этические основы? // Человек.– 1991.– № 1; Skirbekk G. Rationality and modernity. Oslo: Scand. Univ. Press, 1993; Авдеева Н. Н., Ашмарин И. И., Степанова Г. Б. Человеческий потенциал России: факторы риска // Человек.– 1997.– № 1.

³ Крымский С. Б. Метаисторические ракурсы философии истории // Вопросы философии.– 2001.– № 6.– С. 32 – 41.

незис и пролиферацию массовой культуры и массового сознания^{1.})
XXI век – это век «опасного знания», эпоха «общества риска».

Генезис «опасного знания» – процесс далекий от одномерности и линейности, свойственных футурологическим социальным моделям, возникшим на базе идеологии технологического оптимизма и детерминизма.

С точки зрения *онтологии науки*, «опасное знание» есть побочный, не основанный на сознательном целеполагании результат использования научных разработок, плод вероятностной природы любой научной теории. Источник социального риска здесь – неполнота и ограниченность научного знания, неспособность постижения абсолютной истины. Демон Лапласа, способный просчитать координаты и импульс всех частиц во Вселенной, считал бы это понятие лишенным логического смысла.

В аспекте *теории познания* осознание риска, проистекающего из развития науки и технологии, преформируется самой наукой, ростом саморефлексивной составляющей исследовательской деятельности. Этот риск, по справедливому замечанию У. Бека, не имеет цвета и запаха, осознать его наличие и оценить степень угрозы можно только в ходе научного анализа. Изменение эпистемологической ситуации, связанное с генезисом «опасного знания», проявляется и в следующем – герменевтический (текстологический) анализ естественнонаучных текстов прорастает из сферы гуманитарного знания в область междисциплинарных и собственно естественнонаучных исследований. А, следовательно, объективно-безличностные и субъективно-аксиологические элементы в «ткани» теоретичес-

¹ Как известно, понятие «человека-массы» ввел в философскую традицию в 1930 г. испанский мыслитель Ортега-и-Гассет (Ортега-и-Гассет. Восстание масс // Вопросы философии.– 1989.– № 3-4), который именно науке наряду с политической демократией отвел роль главных «виновников» возникновения и усиления влияния массового сознания и массовой культуры, со всеми негативными чертами, присущими регрессивному типу личности: статично-стереотипное поведение и мышление, разорванность и противоречивость сознания, резкие неожиданные изменения этических оценок одних и тех же событий («ситуативная этика»).

ких конструктов оказываются сплавлены в некую целостность. Вопросы «Кому это выгодно?», «Чьи интересы это соответствует?» и т. п. переносятся из сферы гуманитарного знания и прикладных технологических разработок в область фундаментального естествознания. Критерии и методология верификации научных теорий утрачивают четкость, методология познания и построения теоретических концептов в естественных и гуманитарных науках конвергируют.

И наконец для *культурологии* тот же самый риск не может возникнуть вне конкретного социального контекста, поскольку *любая система диагностики и определения величины риска вообще и «опасного знания» в частности преформируется личностными предпочтениями желательного или нежелательного будущего*¹. Иными словами, для того чтобы осознать потенциальную угрозу, таящуюся в конкретном футурологическом сценарии, необходимо предварительно сопоставить его с некоей шкалой ценностных приоритетов, сделать выбор, что можно считать желательным развитием событий, что допустимым, а что неприемлемым. В современной социологии риска этот постулат наиболее последовательно обосновали М. Дуглас и А. Валдавски, в концепции которых социоэкологическая среда, принципы выбора и воспринимающий и действующий субъект рассматриваются как дискретная целостная система²: «Любая форма общества производит свой собственный взгляд на природную среду, который влияет на его выбор опасностей, заслуживающих внимания. Атрибуция ответственности за природные бедствия является нормальной стратегией защиты определенного набора ценностей, принадлежащего определенному образу жизни».

В своей совокупности сочетание трех этих факторов резко усиливает роль науки, которая одна в состоянии дать нам ориентиры для оценки опасности собственных разработок, и, с другой стороны, в той же мере многократно интенсифицирует процесс политизации фундаментальной науки, повышает социополитический статус

¹ Douglas M., Wildavsky A. Risk and Culture: An Essay on Selection of Technological and Environmental Dangers.– Berkley, 1982, p. 4 – 6; Яницкий О. Н. Методология исследования социально-экологических проблем // *Вопр. философии.*– 1982.– № 3.

² Douglas M., Wildavsky A. *Op. cit.*, p. 8.

ученых-экспертов, но одновременно делает их крайне уязвимыми с точки зрения внешнего давления, деформирует и усложняет существующие системы верификации и фальсификации научных теорий. Политизация неизбежно приводит к «открытию границ» между наукой и псевдонаукой, объективное знание о мире и обществе становится трудно постигаемым и распространяемым. И для члена научного сообщества, и для «среднестатистического обывателя» все это – еще один стимул снижения престижности объективного научного знания и роста статуса альтернативных форм познания.

В рамках изложенного подхода проблема «опасного знания» принципиально не разрешима ни в рамках собственно естествознания, ни в границах социогуманитарных наук, а только в результате системного анализа ситуации актуального или потенциального риска и синтеза двух когнитивных подходов – гуманитарного и естественнонаучного.

Генезис современной концепции «опасного знания» в западной рационалистической философии и социологии науки обычно связывают с именем американского онколога и философа Ронселера ван Поттера, посвятившего анализу этого феномена существенную часть своей книги «Биоэтика – мост в будущее» (1971). Сама проблема «опасного знания» поставлена в философии (не говоря уже о религии и художественной литературе) значительно раньше появления книги Р. Поттера.

Ее истоки прослеживаются вплоть до библейских мотивов первородного греха, особенно в позднейшей, канонической для эпохи Средневековья интерпретации Блаженного Августина. «Мудрость лучше силы»¹, эта цитата из Екклесиаста лучше всего подчеркивает альтернативность Знания и Силы как ментальной доминанты традиционной культуры. В той же степени прослеживается здесь и этическая интерпретация знания (понимаемого не как чувственно-эмпирическое отображение объективной реальности, а постижение Божественного откровения). Характерно, что речь идет не о собственно Знании, а именно о *мудрости*, т. е. умении воспользовать-

¹ Екклесиаст, 9, 16.

ся знанием не во Зло, а во имя Добра. «Знание есть сила, но только в том единственном смысле, когда и сила тоже ведет к знанию», – поясняет Прокл в комментариях к диалогу Платона «Аливиад»¹.

Зарождение техногенной цивилизации сопровождалось радикальным пересмотром взглядов на соотношение Силы, Добра и Знания. В мироощущении человека Запада место *мудрости* заступает объективная, безличностная *наука*, к которой оказываются неприменимыми этические приоритеты и категории – единственный источник силы и безопасности в равнодушном (а потому – враждебном) бушующем мире. «Нет никакой иной силы, кроме науки и знания, которая могла бы утвердить свою верховную власть над духом и душами людей»², – излагает *credo* новой стратегии человечества Френсис Бекон.

Но, оказывается, биосфера – среда обитания *Homo sapiens* – ограничена в пространстве и времени. Риски и опасности, вытесненные за пределы «второй природы», не исчезают, они просто аккумулируются на грани между познанным и еще не познанным, меняя свою сущность. Если ранее их источником были природные стихии, то теперь – неполнота научных знаний, необходимость принимать решения и действовать в условиях неполной информации. Эта особенность техногенной цивилизации определяет две характерные черты западной ментальности, развивающиеся параллельно успехам человечества в его победоносной 300-летней войне за покорение Природы посредством науки и технологии.

Первая из них состоит в отрицании гуманистических ценностей, провозглашенных в эпоху Возрождения. «В этом-то и заключается опасность Европы, – вместе со страхом перед человеком мы утратили и любовь к нему, уважение к нему, надежду на него, даже желание его. Вид человека утомляет... Нам надоел человек...», – так

¹ Цит. по: Лосев А. Ф. История античной эстетики. Последние века. – Кн. 1. – М., 1988. – С. 39; Лебедь Е. А., Кант И. и Йонас Г.: два подхода к природе как этической проблеме // Практична філософія. – 2004. – № 1. – С. 70.

² Бекон Фр. Сочинения. – Т. 2. – М.: Мысль, 1977. – С. 135.

описал эту особенность духовной эволюции европейской культуры Фридрих Ницше¹.

Вторую особенность западного менталитета описал очень рельефно Мартин Бубер: «В Космосе Аристотеля реальный человек античности, как и реальный человек христианской эпохи в Космосе Аквината чувствуют себя как дома. Но для действительного человека Нового Времени мир так и не стал действительным миром»². Таким образом, Человек в Макрокосме техногенной цивилизации чувствует себя достаточно неуютно, обреченным на постоянную борьбу за выживание с Природой³ и с себе подобными.

И то, и другое, как мы видим, – плата за принятую человеком Запада стратегию выживания. Девиз этой стратегии, безусловно, лучше всего выражен Иваном Мичуриным: «Мы не можем ждать милости от природы, взять их – наша задача».

Социально-онтологическая природа «опасного знания» означает, в частности, что его эпистемологические и когнитивно-психологические аспекты есть производное этического и социопсихологи-

¹ Ницше Ф. По ту сторону добра и зла.– Кн. 2.– М.: Сирин, 1990.– С. 31.

² Бубер М. Два образа веры.– М.: 1999.– С. 227.

³ Взаимосвязь развития науки и технологии с нарушением гармонии человека и природы, превращением ее во враждебную «окружающую среду» – один центральных, базисных мотивов романтической традиции. На наш взгляд, предельно отчетливо выразил эту ассоциацию Евгений Баратынский задолго до наступления века атома и эпохи генных технологий – в 1839 г.:

Пока человек естества не пытал,
Горнилом, весами и мерой,
Но детски вещаньям Природы внимал,
Ловил ее знаменья с Верой;
Покуда Природу любил он, она
Любовью ему отвечала...

.....

Но чувства презрев, он доверил уму;
Вдался в суету изысканий...
И сердце Природы закрылось ему,
И нет на земле прорицаний.

(Баратынский Е. Стихотворения и поэмы.– М.: Современник, 1982.– С. 95 – 96.)

ческого фундамента восприятия научно-технологического прогресса. В таком случае генезис «опасного знания» становится частью кризиса западной культуры и цивилизации – подобно тому, как процессы Джордано Бруно и Галилея – симптомами кризиса Средневековья, разрешившегося возникновением техногенной цивилизации.

Как социологическая или философски-историческая концепция идея закономерной, естественной смертности цивилизации кристаллизовалась в творчестве Дж. Вико (1668 – 1744) и впоследствии неоднократно высказывалась различными мыслителями, к числу которых в XX столетии относятся, например, О. Шпенглер и А. Тойнби. Известный российско-украинский философ, оказавший заметное влияние на экзистенциалистское направление в философии Николай Бердяев, выдвигает в 1923 г. идею трансформации современной техногенной цивилизации в новую форму – «новое средневековье». Эта трансформация оказывается, по его мысли, равнозначной «переходу от рационализма новой истории к иррационализму или сверхрационализму средневекового типа»¹. В концепции Бердяева такая трансформация – не закат цивилизации, но «ритмическая смена эпох», переход в новое эволюционное состояние, сопряженное с отказом от рационалистического материализма классической науки как основы мироощущения и мировосприятия². В том же ключе высказывался и Питирим Сорокин несколько позже: «Мы как бы находимся между двумя эпохами: умирающей чувственной культурой нашего величественного вчера и грядущим идеациональным и идеалистическим создаваемым завтра»³.

Вторая линия в генезисе той же традиции связана с теоретическим обобщением эмпирических данных экологии. К созданию таких обобщений оказались, прежде всего, способны биологи и естествоиспытатели, склонные к философскому обобщению и системному анализу, и философы, обладающие естественнонаучной эрудицией. «Народ рано или поздно съедает землю, если не перейдет от перво-

¹ Бердяев Н. Новое средневековье.– М.: Феникс, 1991.– С. 8.

² Там же.

³ Сорокин П. Социальная и культурная динамика.– СПб.: РХГИ, 2000.– С. 723.

бытного хищнического хозяйства к искусственному или рациональному... Медленно накапливающиеся изменения климата и почвы, заметные и прежде отдельным внимательным наблюдателям, достигли в настоящее время такой величины, которая бросается в глаза всем, кто переступает, так сказать, порог общественного сознания»¹, – писал В. Соловьев на пороге последнего века второго тысячелетия. Но наиболее глубоко проник в суть природы процессов, ведущих к системному, т. е. экологическому, кризису современной цивилизации, Владимир Вернадский, очевидно, впервые со всей ясностью предупредивший о превращении Разума (а следовательно, – науки и технологии) в глобальный фактор эволюции космического масштаба².

Естественно, принятие концепции ноосферы влекло за собой очевидное следствие: в цивилизации, базисным принципом которой является преобразование природы, основанное на развитии науки и технологии, последние превращаются в существенный фактор социально-эволюционного риска, значение которого непрерывно возрастает. Однако, по справедливому замечанию российского социолога О. Н. Яницкого,³ по крайней мере до второй половины XX века в социологии доминировала парадигма, основополагающим принципом которой был постулат Э. Дюркгейма: «Социальные факты порождаются только социальными фактами». Осознание несовместимости этого утверждения с реалиями глобального экологического кризиса и превращением человека в объект генно-инженерного конструирования пришло позднее.

Уже цитировавшийся Николай Бердяев писал⁴: «Совершенно ошибочен взгляд прагматизма, что истина есть полезное для жизни. Истина может быть вредна для устройства обыденной жизни.

¹ Соловьев В. С. Сочинения. – Т. 2. – М.: Правда, 1989. – С. 433 – 434.

² Вернадский В. И. Размышления натуралиста. – Кн. 2: Научная мысль как планетное явление. – М.: Наука, 1977. – С. 19.

³ Яницкий О. Н. Социология риска: ключевые идеи // Мир России. – 2003. – № 1. – С. 3 – 35.

⁴ Бердяев Н. А. Царство духа и царство кесаря. – М.: Республика, 1995. – С. 3, сл. (Заметим, философ говорит не о **знании** (тем более, не о получаемом опытным путем научном знании), а об **истине**, даже о **божественном откровении**, придавая своим рефлексиям вселенское звучание).

Христианская Истина могла быть даже очень опасна, от нее могли рухнуть все государства и цивилизации. И потому чистая истина христианства была приспособлена к обыденной человеческой жизни и искажена, было исправлено дело Христа, как говорит Великий Инквизитор у Достоевского... На совершенно другом конце, в точных науках о природном мире, мы сейчас встречаемся с настоящей трагедией ученого. Физика и химия XX века делают великие открытия и приводят к головокружительным успехам техники. Но эти успехи ведут к истреблению жизни и подвергают опасности самое существование человеческой цивилизации... При ложном делении мира на две части, которое вызывает необыкновенную лживость, научные открытия и технические изобретения представляют страшную опасность...»

Карл Ясперс однажды справедливо заметил, что страх перед наукой и вера в науку в массовом сознании тесно переплетаются и «подпитывают» друг друга – наука из «аристократического занятия» отдельных личностей, «движимых желанием знать», превратилась в массовую профессию, социальная функция которой заключается в обеспечении человеку желаемого им образа жизни посредством технологии, опирающейся на научные знания. Это, в свою очередь, открыло дорогу трансформации науки в «суеверие»¹, источником которого оказывается, как это не парадоксально выглядит для повседневного «здорового смысла», прогресс естествознания. Распространение в массовом сознании фрагментарных элементов научных знаний, не подкрепленное систематическим образованием, которое только и дает представление о методах и границах научного познания, порождает веру в «компетентность во всем, умение создавать и технически преодолевать любую трудность»². Вера в безграничную способность науки произвольно менять существующую реальность имеет как позитивную (способность науки решить **любую** проблему, вставшую перед конкретным социумом или человечеством в

¹ В данном контексте «**суеверие**» и «**ментальность**» оказываются, как мы увидим, до определенной степени терминами-синонимами.

² Ясперс К. Смысл и назначение истории.– М.: Республика, 1994.– С. 370 – 371.

целом), так и негативную составляющую (страх перед внезапно вышедшими из под контроля катастрофическими последствиями, возникшими в результате просчета экспертов).

Один из основоположников экзистенциализма Мартин Хайдеггер в середине 50-х годов отметил бесспорный факт – вследствие прогресса науки и технологии последних столетий происходит наиболее серьезный мировоззренческий и психологический переворот, равносильный совершенно новому положению человека в мире и по отношению к миру. Мир теперь представляется объектом, открытым для атак вычисляющей мысли, атак, перед которыми уже ничто не сможет устоять. «Во всех сферах своего бытия человек будет окружен все более плотно силами техники. Эти силы, которые повсюду ежеминутно требуют к себе человека, привязывают его к себе, тянут его за собой, осаждают его и навязываются ему под видом тех или иных технических приспособлений – эти силы давно уже переросли нашу волю и способность принимать решения, ибо не человек сотворил их», – резюмирует немецкий мыслитель. Первая фаза этого переворота связана с физикой, превратившей окружающий мир в «гигантскую бензоколонку», неисчерпаемый источник энергии. Вторая стадия – развитие биологии. Возникает впечатление, что автор в 1955 г. предвидит рождение спустя три десятилетия биотехнологии и те социальные проблемы, которые за этим последуют: «С помощью технических средств готовится наступление на жизнь и сущность человека, с которым не сравнится даже взрыв водородной бомбы. Так как даже если водородная бомба и не взорвется и жизнь людей на земле сохранится, все равно зловещее изменение мира неизбежно надвигается вместе с атомным веком. Страшно на самом деле не то, что мир становится полностью технизированным. Гораздо более жутким является то, что человек не подготовлен к этому изменению мира, что мы еще не способны встретить осмысляюще, мысля то, что в сущности лишь начинается в этом веке атома». Отказаться от технологии человечеству невозможно (М. Хайдеггер в этом пункте куда менее радикален, чем современные экстремистски настроенные защитники «экологии»). Но и искать выход в дальнейшем развитии науки и технологи, уповая на то, что научно-технический прогресс решит те самые проблемы, коллизии и кризисные

явления, которые он порождает, также бесперспективно, равно как наложение на техногенез внешних ограничителей. Развитие ситуации требует весьма серьезных изменений собственно в философии и стратегии отношений человека и созданной им технологии: «Мы можем пользоваться техническими средствами, оставаясь при этом свободными от них, так что мы сможем отказаться от них в любой момент. Мы можем использовать эти приспособления так, как их и нужно использовать, но при этом оставить их в покое как то, что на самом деле не имеет отношения к нашей сущности. Мы можем сказать «да» неизбежному использованию технических средств и одновременно сказать «нет», поскольку мы запретим им затребовать нас и таким образом извращать, сбивать с толку и опустошать нашу сущность»¹.

«Глубокий парадокс феномена знания, – развивает Ганс Йонас² идею М. Хайдеггера, – что оно приводит не только к «власти» над природой (т. е. все более мощному ее использованию), но и к всецелому господству над самим собой. Власть превратилась в рабу самой себя, в то время как ее обещания – в угрозу, а счастливые перспективы – в апокалиптику». Именно этим обосновывается онтологическая природа феномена «опасного знания», вытекающая из самого способа существования техногенной цивилизации. Опасное знание есть оборотная сторона научно-технологического прогресса, и жизнеспособное общество вынужденно обзавестись социальным механизмом саморегуляции социальных функций развития этих сфер собственной жизни.

В качестве идеологии и концептуальной основы такого механизма Г. Йонас предлагает «эвристику страха», а руководящий принцип последней формулирует так³: «Чего мы не хотим, мы знаем лучше, чем то, чего хотим. Поэтому философия морали должна сначала просить совета у наших страхов, а не у наших желаний, чтобы

¹ Хайдеггер М. Кант и проблема метафизики. – М.: Логос, 1997. – С. 50 – 64.

² Йонас Г. Принцип відповідальності. У пошуках етики для технологічної цивілізації. – К., 1999. – С. 214.

³ Там же, с. 50.

узнать, что мы на самом деле ценим». Сказанное не означает, что превращение современной науки в «опасное знание» ставит под вопрос ее положение как центрального элемента стратегии выживания человечества этом мире. Речь идет только об изменении отношений и характера коммуникативных связей социального института науки в системе современной цивилизации. «Страх за человека не должен вызывать враждебности к этому источнику угрозы для человека, к науке и технике. Страх должен побуждать нас к осмотрительности в использовании нашей мощи, но не к отказу от нее. Ибо лишь в союзе с наукой и техникой, принадлежащими к делу человечества, нравственный разум в состоянии этому делу послужить. Никакого однозначного рецепта на этот счет не существует, есть лишь множество подлежащих сравнению путей, которые следует отыскивать все снова и снова для каждого конкретного случая ныне и в будущем, постоянно храня бдительность. В лучшем случае при постоянном повторении может выработаться соответствующий навык. На это следует надеяться. И все же долг мышления – побудить нас к бдительности», – утверждает Г. Йонас¹.

Никлас Луман в одной из своих работ, подвергая семантическому анализу понятийно-категориальный аппарат теории *риска*, пришел к выводу, что из двух пар бинарных оппозиций-альтернатив – риск/надежность и риск/опасность более содержательной, обладающей большим эвристическим потенциалом, является последняя. В конечном итоге «любой вариант некоего репертуара решений, т. е. вся область альтернатив, является рискованной – пусть даже риск состоит только в том, что не будут восприняты достаточно явные шансы, которые в будущем, возможно, окажутся благоприятными»². Поэтому надежность как альтернатива риску оказывается бессодержательным понятием, «подобно понятию здоровья в различении больной/здоровый»¹ – нельзя с должной достовер-

¹ Jonas H. Wissenschaft als personales Erlebnis. Sammlung Vandenhoeck. // т Die 600-Jahr-Feier der Ruprecht-Karls-Universitat.– Heidelberg, 1987. Русск пер.: Йонас Г. Наука как персональный опыт// Человек.– 1999.– № 4.

² Луман Н. Риск, неопределенность, случайность // THESIS.– 1994.– № 5.– С. 135 – 140.

ностью идентифицировать достижение надежности. (Развивая эту мысль Лумана далее, можно констатировать: **надежность** есть логико-математическая абстракция, недостижимый предел, к которому стремится человек, принимая решение в условиях неполноты объективной информации, тогда как **риск** – неизбежный атрибут всякой человеческой деятельности или уклонения от активного деяния – всегда конкретен, хотя и нагружен неустранимой аксиологической компонентой.)

В противоположность этому в оппозиции риск/опасность первый член этой пары отражает некие внутренние характеристики поведения целесообразно действующего субъекта («вменяется решению», «рассматривается как следствие решения»), тогда как второй (**опасность**) – имеет внешний, объективный источник («вменяется окружающему миру»).

Переход техногенной цивилизации в фазу «общества риска» означает, следовательно, изменение ментальных доминант – стимулов человеческого поведения. **Опасность**, исходящая от природных стихий, вытесняется в сознании **риском**, проистекающим из целесообразной деятельности. Но если источником риска становится человеческая природа («гены»), сам риск утрачивает рациональность. Он становится непостижимым и непреодолимым не только как методологическая абстракция, но и в своих конкретных проявлениях. В этом случае элиминация риска означает изменение биосоциальной основы человечества – конкретного носителя Разума и Культуры во Вселенной.

«Конфликт с самим собой» – слишком мощный фактор психологического стресса для носителей ментальности современной западной цивилизации. «Опасное знание» представляет в не меньшей степени угрозу деструкции стабильно адаптивной стратегии того же самого типа цивилизации, но (парадокс!) – более соответствует ее концептуальному ядру. Ответственность за ущерб вновь оказывается вне личности – перекладывается на науку, технологию, власть, бизнес, общество. Отчуждение природы в XIX в. сменяется отчуждением экономики, государства, а спустя еще сто лет к ним

¹ Луман Н. Риск, неопределенность, случайность // THESIS.– 1994.– № 5.– С. 135 – 140.

прибавились научное познание и технология. В терминах социальной экологии – нарастает процесс дезинтеграции единой системы коэволюционных отношений.

И действительно, страх перед неконтролируемыми последствиями таких генетических манипуляций («комплекс Франкенштейна») проник в менталитет задолго до возникновения самой генетики, найдя свое художественное отображение и в знаменитой повести Мери Шелли («Франкенштейн, или современный Прометей»), написанной еще в 1817 г., и в «Острове доктора Моро» Герберта Уэллса. Но осознание интегрированности человека в глобальную экологическую систему биосферы стало узлом, в котором пересеклись восприятие глобальных последствий развития генетики с точки зрения создания новых сортов, пород, штаммов организмов, продуктов питания, физиологически активных веществ и предметов потребления, с одной стороны, и возможностей произвольных и случайных генетических манипуляций геномом человека – с другой. Как ответная реакция предлагается «предельный переход», трансформация этических ценностей и норм из внешних ограничителей, канализирующих научные исследования и их технологическое использование, в имманентные факторы, определяющие сам характер дальнейшего развития фундаментальной науки и технологических разработок¹.

Цитированные здесь авторы принадлежат экзистенциалистской философской традиции. Это, пожалуй, не случайно. Для экзистенциализма действительно характерно обостренное ощущение человеческого бытия, не допускающего вербально-понятийного выражения, из которой вытекает понимание основной проблемы философии как вопроса об онтологической сущности человека в соотношении с остальными началами Космоса. В западноевропейской экологической философии страх перед возможностью вторжения генетических манипуляций в повседневную жизнь считается про-

¹ Подробнее об этике ответственности, создаваемой западно-европейской (прежде всего, немецкой) философской традицией см.: Ермоленко А. Н. Этика ответственности и социальное бытие человека (современная немецкая практическая философия). – К.: Наук. думка, 1994. – С. 98–110; Ермоленко А. М. Комунікативна парактична філософія: Підручник. – К.: Лібра, 1999. – 488 с.

явлением социальной адаптации, сигналом возрастающей сложности и потенциальной опасности систем, используемых человечеством. Восприятие социальных последствий развития науки и новых технологий приобретает онтологическое значение, становится эвристическим инструментом футурологического прогноза. Циркулирующие в средствах массовой информации и уже становящиеся элементом ментальности социотехнические мифы, касающиеся риска, проистекающего от использования генных технологий, составляют ее (ментальности) поверхностный слой, выявляемый в результате анализа социальных причин, породивших подобные мифы¹. Более глубокий слой оказывается связан, прежде всего, с долгосрочными прогностическими возможностями «эвристики страха». Российский философ В. С. Степин² приходит к выводу, что соблазн «планового» генетического совершенствования природой созданного «антропологического материала», приспособления его к новым социальным нагрузкам, чреват необратимым разрывом истории человеческой цивилизации. Человеческая культура, продолжает он, глубоко связана с человеческой телесностью и первичным эмоциональным строем, который ею продиктован, существующей в настоящее время генетической конституцией – результатом предшествующей биологической эволюции. Для разумных существ, возникших в ходе пусть и плановой генетико-социальной революции, «уже не имеет смысла ни Байрон, ни Шекспир, ни Пушкин, для них выпадут целые пласты человеческой культуры. Биологические предпосылки – это не просто нейтральный фон социального бытия,

¹ В общем виде эта проблема недавно проанализирована в цикле работ харьковского философа А. Т. Щедрина (см., напр., Щедрин А. Т. Социотехническое мифотворчество как феномен культуры (история и современность) // *Вестн. нац. техн. ун-та «ХПИ»*. Темат. вып. «Философия». – 2003. – № 2. – С. 105 – 114); конкретно научные и социологические аспекты этой проблемы см. интересный доклад чешского специалиста М. Велчева на Первом национальном Конгрессе по биоэтике (Киев, 2001). – Velcev M. Genetically Enhanced Plants and Their Safety // *Перший національний Конгрес з біоетики*, 17 – 20 вересня 2001 р.: Тези доп. – Київ, 2001. – С. 60.

² Степин В. С. *Философская антропология и философия науки*. – М.: ИФРАН, 1992. – С. 186; Степин В. С. *Теоретическое знание*. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 743 с.

это почва, на которой выростала человеческая культура и вне которой невозможны были бы состояния человеческой духовности».

Альтернативный взгляд (с которым полемизируют Н. Бердяев и М. Хайдеггер) восходит к прагматизму Джона Дьюи, полагавшего, что наука есть прежде всего средство решения проблем, возникающих перед человеком в ходе социального опыта, а научные идеи, понятия, теории есть интеллектуальный инструмент, позволяющий достичь указанной цели. Основная задача научного исследования и новых технологий, созданных в результате, заключается в том, чтобы предложить такие средства и способы решения проблемы, которые будут адекватны поставленной цели. Несоблюдение этого условия порождает новые проблемы. В таком случае нежелательные последствия научного и технологического прогресса действительно могут быть устранены лишь в результате дальнейшего развития науки и создания новых технологий.

Вэтом духе был составлен подготовленный при участии Дж. Дьюи «Гуманистический манифест», опубликованный в 1932 г. С тех пор подобные документы стали традицией¹. Последний такой документ написан в 2000 г. президентом Международной академии Гуманизма Полем Куртцем, заявившим о целях этой акции: «Поскольку мы вступаем в новое тысячелетие, мы не должны беспокоиться об Армагеддоне, но скорее должны раскрыть огромные потенции человеческого прогресса в следующем столетии и далее». «Гуманистический манифест 2000», подписанный к 6 мая 2003 г. 136 представителями интеллектуальной элиты из 29 стран, в том числе 10 нобелевскими лауреатами, в частности констатирует очевидную истину: «Впервые в истории человечества мы обладаем средствами – и этим мы обязаны науке и технике – способными улучшить условия существования человека, приблизить его счастье и свободу, обеспечить на планете достойную жизнь для всех людей. Однако сердца многих преисполнены страха, когда они думают о наступлении следующего тысячелетия... К разочарованию тех, кто склонен замечать только худшее, материальное процветание, мир, улучшившееся здоровье и возрос-

¹ Второй манифест был опубликован в 1973 г., в 1980 г. появилась Декларация светского гуманизма, а в 1988 г. – Декларация взаимной зависимости.

ший жизненный уровень являются реальностью – и весьма вероятно, что так пойдет и дальше. В этих великих технических, научных и социальных достижениях зачастую не отдают себе отчета. Хотя плодами этих достижений пользуются в основном экономически развитые страны, их польза фактически ощущается повсюду». Однако и в этом, изначально оптимистическом по своей методологии, документе также констатируется разрыв между декларируемыми гуманистическими идеалами и реальностью, чреватой дегуманизацией будущего нашей цивилизации: «Направление технологических разработок чаще всего определяется либо чисто экономическими соображениями (если продукция обещает прибыль), либо военными или политическими целями. Существует огромная опасность, связанная с бесконтрольным использованием технологий. Мировое сообщество все еще не располагает эффективной властью над оружием массового уничтожения (термоядерным, биологическим и химическим). Сходным образом многие крупные достижения в генетике, биологии и медицине (такие как биогенетическая инженерия, клонирование, трансплантация органов и другие) заключают в себе реальную опасность, хотя и открывают огромные возможности в деле улучшения здоровья и благосостояния человека»¹.

В концепции развития цивилизации Элвина Тоффлера аграрная и индустриальная фазы ее эволюции («первая и вторая волна») сменяется со середины 50-х годов так называемой «третьей волной». Развитие генетической инженерии, компьютерно-информационных технологий, транспорта (добавим – технологий психосоматического манипулирования), в свою очередь, становится системным формообразующим фактором преобразования менталитета, образа жизни, семейных и личностных отношений, стиля работы, экономики т. д. и т. п. Инициатором и катализатором преодоления пороков техногенной цивилизации выступают по Тоффлеру развитие науки и технологии. Парадигмой «цивилизации третьей волны» должны стать «гуманная технология», сменяющая парадигму «господства над природой». Но характерно: генезис «Третьей волны»

¹ Гуманистический манифест 2000 // Credo. Теоретич. Философ. журн.– 2000.– № 2 (20); <http://www.orenburg.ru/culture/credo/20/manifest>

в этой концепции есть кумулятивный процесс взаимодействия новых технологий и социально-политических движений алармистов и критиков («технореволюционеров» по терминологии Э. Тоффлера), препятствующих их неограниченной экспансии. «Признают они это или нет, но технореволюционеры являются агентами Третьей волны, – писал Э. Тоффлер¹. – В последующие годы они не только не исчезнут, но их численность возрастет. Они такая же часть нашего перехода на новую ступень цивилизации, как и наши экспедиции к Венере, наши удивительные компьютеры, наши открытия в области биологии, наши исследования глубин океана. Из их конфликта с фантазерами, приверженцами Первой волны и защитниками Второй волны, провозглашающими, что технология превыше всего, появятся «умные», тонкие технологии, соответствующие новой энергосберегающей энергетической системе, к которой мы начинаем переходить. Соединение новых технологий с новой энергетической базой поднимет всю нашу цивилизацию на совершенно иной уровень. Сердцем этой цивилизации станут умные, научно обоснованные, крупнопоточные предприятия, действующие под жестким экологическим и социальным контролем, а также «умные» малопоточные предприятия, действующие в меньшем, более «очеловеченном» масштабе». Итак, с позиций прагматизма и технологического детерминизма научно-технологическое развитие само по себе не способно обеспечить решение глобальных проблем, устойчивую канализированную эволюцию человечества при сохранении гуманистического базиса человеческой культуры. Изолированный научно-технологический прогресс без социокультурных «предохранителей» и корректировщиков (которыми и выступают «алармисты» различного рода) оказывается скорее дестабилизирующим фактором. Устойчивость социуму придает сопряжение противоположно направленных тенденций и процессов, образующих в совокупности единую систему социального гомеостаза.

Итак, феномен «опасного знания» существует, как существуют причины, его породившие, и коллизии, этические дилеммы, конф-

¹ Тоффлер Э. Третья волна. – М.: АСТ, 1999. – С. 260 – 265.

ликты и социальные риски, являющиеся его следствием. Следовательно, существует и необходимость его исследования.

В современной философии и социологии генерация в ходе развития науки и технологии новых социальных рисков обычно исследуется, прежде всего, в аспекте социальной философии, политологии, экономической теории. Такой взгляд на проблему можно охарактеризовать экстернальный по отношению к собственно науке – исходной точкой подобного исследования становится категория *риска*. В настоящей работе предпринимается попытка взглянуть на эту ситуацию в ином – интернальном – ракурсе, т. е. с позиций эволюционной эпистемологии. За исходное будет взято понятие *опасного знания*. Таким образом, предметом исследования будет влияние неустранимой субъективно-аксиологической компоненты научных теорий и методов исследования (а не только создаваемых на их основе технологий) на выполнение наукой своей основной социальной функции – производство объективных знаний о мире и человеке.

В работе достаточно широко будет использован конкретно научный материал из области генетики и генных технологий и его отображение в ментальности и общественном сознании. Причины этого, на взгляд автора, очевидны и не требуют особой аргументации. Эта область естествознания по силе социокультурного воздействия, энергии общественного резонанса и потенциальному влиянию на судьбы человечества сейчас, безусловно, не имеет аналогов. В конце концов, ядерная физика продемонстрировала нам потенциальную возможность *физического* самоубийства разумной жизни во Вселенной. Современная генная технология обещает дать в руки человеку инструмент преобразования того биологического фундамента, на котором построено здание современной Цивилизации. Разумная жизнь при этом, скорее всего, не только уцелеет, несмотря на все возможные катаклизмы – природные и техногенные – но и увеличит свое могущество. Вот только уцелеет ли при этом сам Человек? Не станут ли наши отдаленные потомки рассматривать нас с тем же отстраненным холодным любопытством и непониманием, с которым мы рассматриваем экспонаты палеонтологического музея или роботов, созданных для съемок «Парка Юрского периода»?

БИОВЛАСТЬ И БИОПОЛИТИКА

Со времени Мишеля Фуко в обиход культурологии вошло понятие **биовласть**. Широкое распространение оно получило в последнее десятилетие XX в. в едином комплексе с биополитикой, биоэтикой, биотехнологией и биомедициной. Серьезный культурологический и философский анализ его предпринял вслед за Фуко, но уже на современном материале, российский философ Павел Тищенко¹.

Смысл понятия «биовласть» еще не устоялся, не обрел логической однозначности. Однако сейчас уже можно говорить, что его суть составляет явная или неявная способность социума и его властных структур нормировать и регулировать биологические отправления отдельных индивидуумов. Как писал исследователь творчества М. Фуко В. А. Подорога, зарождение и развитие феномена биовласти происходит там и тогда, когда и где в социальной истории впервые появляется интерес к политическому использованию человеческого тела, где оно обособляется в роли индивидуализированного объекта надзора, тренировки, обучения и наказания². Таким образом, **власть** связана с биовластью генетической преемственностью, ведет свое происхождение от нее. «Точкой приложения» власти является не психика, а психосоматическое бытие человека, и современная наука и технология существенно расширяют масштабы и глубину такого воздействия.

В период Средневековья утверждается дихотомия власти на духовную и светскую, и последняя принимает форму «власти над смертью»³. Санкционированная власть предержавными насильственная смерть совершается с поразительной по нынешним этическим стандартам легкостью и по самым ничтожным с современ-

¹ Тищенко П. Д. Биовласть в эпоху биотехнологии.– М.: ИФРАН, 2001.– 177 с.

² Подорога В. А. Власть и познание (археологические поиски М. Фуко) // Власть.– М., 1989.– С. 223.

³ Фуко М. Воля к истине: по ту сторону знания, власти и сексуальности. Работы разных лет.– М., 1996.– С. 253.

ной точки зрения поводам. Мера и символ светской власти тогда – размер виселицы¹.

Возрождение и индустриальная фаза развития западной цивилизации вновь изменяют структуру биовласти. Наука сакрализуется и претендует на объединение обеих ветвей власти. Власть над смертью ограничивается по масштабам и постепенно вытесняется властью над соматическим бытием человека, а последняя принимает последовательно формы контроля над репродукцией, внешним обликом и внутренней организацией человеческого организма, его генетической конституцией.

Символами «репродуктивной фазы» генезиса биовласти можно считать Томаса Мальтуса и Френсиса Гальтона с их идеями контроля рождаемости различных социальных слоев в зависимости от экономического или интеллектуального статуса. Однако евгеническая концепция Фр. Гальтона² в интеллектуальной истории биовласти перебрасывает мост к ее нынешней – генно-технологической фазе. Мы вернемся к этому несколько позже.

Степень влияния биовласти на самом деле весьма значительна, и в целом это влияние способствует расхождению векторов биологической и социокультурной составляющих эволюции человечества. Вероятно, первым обратил на это внимание среди западных мыслителей Фридрих Ницше. Он акцентировал внимание на том, что власть и культура предоставляют преимущество в борьбе за жизнь биологически слабым индивидуумам и подавляют сильных. Становясь элементом культуры, власть извращает процесс естественного отбора, его исход становится «обратным тому, которого хочет школа Дарвина, ...победа не на стороне сильных... Подбор (в человеческом обществе) основан не на (биологическом) совершенстве: слабые всегда будут снова господами сильных, благодаря тому, что они составляют большинство, и при этом они умные...

¹ Кожурин А. Я. (три мифологемы «крови» в истории европейской культурной традиции) // Социальная аналитика ритма: Сб. матер. конф.– СПб.: Санкт-Петербургское философ. о-во, 2001.– С. 73 – 76.

² Гальтон Ф. Наследственность таланта, ее законы и последствия / Пер. с англ.– СПб., 1875.– 301 с.

Дарвин забыл о духовной стороне – слабые богаче духом... Чтобы стать сильным духом, надо нуждаться в этом; тот, на чьей стороне сила, не заботится о духе»¹. Возникновение сверхчеловека, стоящего «по ту сторону добра и зла», то есть вне морали, является, согласно Ницше, необходимым условием разрушения этой самовоспроизводящейся системы, в его понимании – возвратом к природе².

Конец XIX – начало XX века было временем необычайной популярности попыток решения этой коллизии с помощью теоретической и технологической базы естествознания. В конечном счете все они предполагали усиление прямого влияния биовласти на «репродуктивный выбор», т. е., в конечном счете, на одну из наиболее интимных сфер соматического бытия человеческого существа. Наметился конфликт биовласти с другой базисной доминантой западного мышления – доктриной естественных прав человека. Для древнего человека чувство тождественности со всеми представителями той же родоплеменной общности являлось безальтернативной ментальной доминантой. Для человека современной западной – техногенной – цивилизации мощным конкурентом доминанты родовой предетерминации выступает примат свободы собственного «Эго»³.

¹ Ницше Ф. Так говорил Заратустра: Избр. произв.– М.: Сирин, 1990.– Кн. 1.– С. 287 – 288.

² Оценка концепции и методологии Фридриха Ницше в эпоху постмодерна на территории постсоветского политического пространства претерпевает серьезную эволюцию, именно в соответствии с новыми реалиями, порожденными информационными и генетическими технологиями. «Ницше недоволен сложившейся системой власти. Он описывает ее эволюцию как переход от власти сильных к власти слабых. Он критикует ее за то, что она ведет к деградации людей. Так он переходит к «физиологической критике» современной цивилизации. Непонимание ее особенностей у Ницше вызывало упреки в расизме. Действительно, вопрос состоит вот в чем: Платон и Ницше осознали бессилие дискурсивных практик перед телесными – будь то генетические изменения или дисциплинарные практики культуры» (Марков Б. В. Ницше в России и на Западе // От Гегеля к Ницше, революционный перелом в мышлении XIX века.– СПб.: Владимир Даль, 2002.)

³ «Современный человек дорожит своим Я, которое понимает как нечто уникальное и незаменимое. Самое страшное для него узнать, что он является отпечатком другого.

Наиболее нетерпимым для него есть ощущение постороннего вмешательства в саморазвитие своей личности. Именно этим объясняется, очевидно, экстремально негативистское восприятие развития технологии клонирования человеческого организма. Данная технология в чисто техническом смысле – далеко не самая опасная по потенциальным масштабам преобразования генома и, по крайней мере, не самая перспективная с точки зрения возможности крупномасштабного массового повседневного использования.

Наслоение обоих ментальных «архетипов» служит источником одного из основных биополитических конфликтов современности. Ядро этого конфликта составляет ощущение запрограммированности собственной судьбы. Эта запрограммированность одновременно внутренняя (по отношению к соматическому бытию человека, ибо проистекает из свойств его собственного генома) и внешняя (по отношению к духовному бытию, «душе»). Во времена Зигмунда Фрейда источник программирующих импульсов относили к сфере бессознательного. В этом смысле последовательное применение генно-репродуктивных технологий и других средств актуализации биополитических проектов преобразования генетико-соматической основы человека локализуется между двумя вариантами – «Франкенштейном» Мери Шелли и «Доктором Джекилом и доктором Хайдом» Роберта Стивенсона. Если говорить об образе продукта практической генетической технологии человека в массовом сознании, то лучше всего он соответствует модели «бомба с часовым механизмом». Этот механизм приводится в действие (опять-таки – в массовом сознании) по неведению, неосторожности или преднамеренно.

Назовем еще два «архетипа» западной ментальности, определяющие результирующий вектор развития биовласти. Первый из них – вера в магическую силу, которую дает ее обладателю знание под-

Но такое определение Я не является продуктом философской рефлексии, оно выдвинуто временем автономизации и конкуренции...», – очень удачно сформулировал эту особенность ментальности индивидуалистического мышления Борис Марков (Марков Б. В. Философская антропология: очерки истории и теории. – СПб.: Лань, 1997.)

линного имени другого лица или персонифицированной природной стихии. Второй – восприятие Природы как некоего текста, в котором закодирован замысел Божий. (Отсюда попытки «извлечь» из ДНК текст Библии, музыкальную симфонию и т. д. и т. п.) Поэтому декодирование и интерпретация любой информации, касающейся нынешнего состояния или будущего конкретной личности в результате психологических тестов или генодиагностики, истолковывается как посягательство на ее социальную автономию, достоинство и идентичность. С действием всех рассмотренных здесь структур менталитета современного человека западной цивилизации мы еще столкнемся впоследствии – в ходе исследования «эволюционного ландшафта» взаимоотношений современной науки и социума.

Последовавшее после и в результате Второй мировой войны и закрепленное Нюрнбергским кодексом сужение сферы прямого нормативного действия биовласти изменило ее форму, но не эффективность. Косвенное, опосредованное через систему научно обоснованных и подкрепленных авторитетом органов власти рекомендаций и советов, влияние биовласти оказалось даже более результативным и не менее мощным, чем ранее. В своей жестко полемической книге «Забывать Фуко» (1977) другой французский философ, Жан Бодрийар, тем не менее, отмечает программирующее влияние современной власти вообще и биовласти в частности на процесс становления человека как биосоциального существа: «Власть у Фуко функционирует так же, как генетический код у Монода¹, – согласно диаграмме дисперсии и управления (ДНК) и согласно телеономическому порядку. Конец теологической власти, да

¹ Неточность русского перевода: Имеется в виду французский генетик и микробиолог, лауреат Нобелевской премии Жак Л. Моно (J. L. Monod), разработавший вместе с Ф. Жакобом и А. Львовым общую схему регуляции считывания генетической информации с бактериальной хромосомы. В основе схемы лежит контур с отрицательной обратной связью между концентрацией продуктов активности гена и изменениями во внутриклеточной среде, вызываемыми ими. Считается, что этот механизм обеспечивает постоянство внутриклеточных параметров и обеспечивает нормальное (телеономическое – по терминологии Ж. Бодрийара) течение индивидуального развития организма независимо от изменений внешней среды.

здравствует телеономическая власть! Телеономия означает конец всякого окончательного определения и всякой диалектики: это что-то вроде имманентной, неотвратимой, всегда позитивной, кодовой записи программы развития, оставляющей место только бесконечно малым мутациям¹».

Итак, внешне в современной техногенной цивилизации статус биовласти заметно снижается, ее влияние ослабевает. Ж. Бодрийар рассматривает эти симптомы как проявления общего цивилизационного кризиса. Эффективность социополитического контроля экономики, политики, масс-медиа и т. д. и т. п. уменьшилась, и этот процесс продолжается в том же направлении. Ослабевает величина и сужается сфера применимости нормативно-законодательного регулирования формы и содержания способов отправления основных биологических функций индивида². Пожалуй, одним из наиболее четких и выпуклых проявлений этого процесса становится эволюция отношения к сексуальным меньшинствам. Оно изменилось от жестко репрессивного, минуя безразличное, к повышенно заинтересованному и сочувственному. Кстати, этот же факт демонстрирует и дисгармонию генетико-биологического и социокультурного компонента соматического бытия *Homo sapiens*. Давление естественного отбора в пределах эволюционно-биологической нормы (т. е. вне социокультурного контекста) против генов гомосексуальности настолько велико, что адекватная реакция на их внешние проявления должна была заключаться в полном безразличии. Другое дело, что в действительности проявления этих наследственных детерминантов (у человека, а не плодовой мушки) как раз в сильнейшей степени зависят от факторов среды. Таким образом, нынешняя повышенная популярность темы сексуальных меньшинств так или иначе представляется иррациональной стратегией с точки зрения репродуктивного потенциала. Если гомосексуальность – жестко запрограммированный наследственный признак, она не будет иметь последствий; иначе же – безусловно вредна.

¹ Бодрийар Ж. Забыть Фуко.– СПб., 2000.– С. 61 – 62.

² Там же.

Биовласть коммерциализуется. Реклама делает акцент на научном обосновании предлагаемых товаров и услуг. Парадокс заключается в том, что конкурирующие фирмы равно убедительно отстаивают научную состоятельность свою и несостоятельность соперника.

Итак, в современных условиях биовласть приобретает новые черты:

- утрата или ослабление прямого воздействия через законодательно-нормативную базу в том, что касается запретов и ограничений в отправлениях биологических функций отдельным индивидом;
- возрастание значения косвенного – через общественное мнение, этические нормы, рекламу, рекомендации специалистов и т. п. влияния на индивида;
- опосредованный научной объективностью и технологической целесообразностью механизм воздействия;
- коммерциализация конкретных проявлений.

П. Тищенко в уже цитировавшейся книге приводит несколько шаржированный вариант массовой, основанной на медицинском фольклоре, технологии производства самоидентичности человека. Эта технология представляет собой нескончаемую цепочку ритуально повторяемых элементарных поведенческих блоков «стимул-реакция». – «С вечера завел будильник, чтобы проснуться; утром – вымыл руки мылом «сейфгард», чтобы убить микробов; почистил зубы пастой «блендамед», чтобы предотвратить кариес; принял душ и вымыл голову шампунем «Head and Shoulders» от перхоти; выпил кофе, чтобы стимулировать себя; выкурил сигарету, чтобы прочистить мозги; потом жевал жвачку, чтобы отбелить зубы, избавиться от дурного запаха изо рта и уберечься от кариеса; перед работой выпил транквилизатор от стресса, валокордин от сердца, гастрофарм от желудка, анальгин от головы. Днем на работе –пил кофе, чтоб взбодриться; курил, чтоб прочистить мозги; жевал ди-рол от кариеса и дурного запаха изо рта;пил таблетки от желудка и головы; мыл руки и т. д. Вечером – принял водки, чтобы расслабиться и встряхнуться; транквилизатор, чтобы успокоиться; кофе,

чтобы взбодриться; препарат виагра для повышения потенции, на ночь – снотворные, чтобы уснуть, и поставил будильник, чтоб проснуться»¹.

Как итог нашего сравнительно-исторического анализа: биовласть в эпоху генных технологий, изменив форму, становится тотальной по существу. Она не противостоит конкретному индивиду и не поддерживает его, она окружает и пронизывает соматическое бытие в главном и в мелочах. Она принимает на себя функции социоэкологической среды, предопределяя стратегию поведения в этом мире². Не следует преувеличивать новизну и оригинальность этого вывода. На самом деле к концу XX в. это умозаключение можно считать констатацией очевидного. Как пишет И. В. Нежинский, уже «согласно Фуко, власть, постепенно расплываясь и «дробясь», со временем «растворяется» в социальном бессознательном, приобретая чисто манипулятивный характер и беря под свой контроль все сферы социального существования. Более того, власть начинает контролировать насущные потребности человека, формируя его социальный и даже телесный облик. Эта «биовласть», однако, оказывается как бы и не заметной на первый взгляд; манипулятивная машина работает почти бесшумно (во всяком случае, пока есть соответствующая финансовая «смазка» и энергетическая подпитка от электрората), однако результаты ее работы вполне очевидны.

¹ Тищенко П. Д. Биовласть в эпоху биотехнологий.– М., 2001.– С. 39 – 40.

² К этому выводу в различной форме и с различных исходных позиций приходят сейчас многие исследователи – как философы, так и социологи. В своем недавно переведенном исследовании возникающего на рубеже III тысячелетия нового, транснационального политического порядка Майкл Хардт и Антонио Негри характеризуют его как новую «Империю», не имеющую национального центра кристаллизации. И уже на первых страницах своей книги в качестве одного из основных атрибутов формирующейся глобальной политической системы они указывают «парадигмальный характер биовласти» (Hardt M., Negri A. Empire.– Cambridge (Massachusetts); London: Harvard University Press, 2002; Русск. пер.: Хардт М., Негри А. Империя. Пер. с англ.– М.: Праксис, 2004.– С. 6). Биовласть становится элементом производственного процесса, обеспечивая его самовосстановление и воспроизводство.

В конечном итоге, в недрах социального бессознательного возникают механизмы тотального контроля потребностей»¹.

Итак, биовласть отнюдь не всегда юридически формализована. Более того, само ее существование зачастую публично отрицается. Но, тем не менее, значение этого фактора столь велико, что Павел Тищенко имеет основание заявить о превращении человеческой телесности из объекта живой природы в «артефакт», продукт социальной и научно-технологической эволюции².

Вероятно, российский философ выявляет здесь некий глубинный конструктивный элемент ментальности современного человека Запада. По крайней мере, свидетельство этому – «интеллектуальный резонанс», в который попадает логическая конструкция Павла Тищенко и аналогичные выводы молодого харьковского философа Лидии Газнюк: «Тело становится артефактом соматического бытия. Оно занимает свое социокультурное пространство рядом с другими физическими объектами, созданными человеческими руками, индустрией по производству и тиражированию необходимого телесного облика». И далее: «Процесс вхождения общества в индивидуум продолжается и после рождения, общество входит в его тело не только генетически, но и социотехнически»³. Последнее выражение («социотехнически») подчеркивает важное обстоятельство: превращение соматического бытия человека в продукт культуры («артефакт» – по терминологии П. Тищенко) все в большей мере перестает быть результатом спонтанного влияния культурно- и социоэкологической среды и все в большей степени – следствием целенаправленного, рационалистического (технологического) самоконструирования. Это совпадение, при всем своеобразии и индивидуальности способов вербального выражения идей обоих исследователей, само по себе достаточно красноречиво.

¹ Нежинский И. В. Традиция, культура, эзотеризм. Традиция в пространстве культуры // <http://fourthway.narod.ru/lib/exlib/tke.htm>

² Тищенко П. Д. Биовласть в эпоху биотехнологий.– М., 2001.– С. 5.

³ Газнюк Л. Соматичне буття персонального світу особистості.– Х.: ХДФК, 2003.– С. 90, 194.

Инициация этого процесса связана с генезисом рыночной экономики. Идеи П. Тищенко и Л. Газнюк очевидно восходят к размышлениям Эриха Фромма, отметившего превращение человеческой телесности, самого биологического субстрата индивидуума в объект рыночных отношений. «Рынок предъявляет к индивидууму определенные, особые требования, сознательно или неосознанно самоконфигурировать психосоматическую основу собственной личности, придавая ей, так сказать, товарный вид»¹. Критерием отбора в конкурентной борьбе на рынке труда на стадии развитой техногенной цивилизации становится способность к быстрой ментальной адаптации индивидуума к требованиям современных технологий.

Уточним вывод П. Тищенко и Л. Газнюк о социокультурной обусловленности соматического бытия человека. Целостность человеческой личности возникает благодаря интеграции двух ее ипостасей. С одной стороны, соматическое бытие человека есть эволюционно-генетический факт, с другой – в силу глубокого и масштабного воздействия социума и культуры на психосоматику индивидуума – социокультурный артефакт.

Возможности социокультурной реконструкции генетически запрограммированной нормы реакции далеко не беспредельны. Об этом, в частности, свидетельствуют провал попыток чисто социокультурной коррекции и преобразования альтернативных модусов гендерного поведения индивидуума². Но справедливо и обратное утверждение: «Современную общественную жизнь нельзя пред-

¹ «Успех зависит, в значительной мере, от того, насколько хорошо человек умеет продать себя на рынке, насколько интересной является его упаковка», насколько она «бодрая», «крепкая», «энергичная»... Ты воспринимаешь себя как товар, или, точнее, и как продавца, и как товар одновременно». (Фромм Э. Человек для себя.– Минск: Коллегиум, 1992.– С. 73, сл.).

² «В своей книге «Как он создан природой» журналист Джон Колапинто рассказывает душераздирающую историю мальчика по имени Дэвид Реймер, которому выпало двойное несчастье – в младенчестве при неудачном обрезании ему случайно прижгли пенис, а затем он попал в руки к Джону Мани, известному сексологу из Университета Джона Хопкинса. Мани занимал крайнюю позицию в извечном споре сторонников природы и воспитания, утверждая, что половая идентичность не дана от природы, а конструируется уже после рождения.

ставить без изменений психосоматического уровня исторического бытия», – констатирует Л. Газнюк¹. Отношения двух составляющих эволюции человека – генетической и социокультурной явным образом амбивалентны, что, кстати, еще раз подтверждает нелинейный характер их генно-культурной коэволюции: «развитие соматического бытия» происходит безотносительно к конкретным социальным изменениям»². В принципе генно-культурная коэволюция, реализуется по одному из следующих сценариев.

Прямой конфликт. Антагонизм между биогенезом и культурогенезом Зигмунд Фрейд положил в основу своей концепции, изложенной в его работе «Недовольство культурой». Культура, по его убеждению, выступает силой, жестко и безжалостно подавляющей естественно-биологическое психосоматическое бытие человеческого индивидуума. Трагическое столкновение культуры и психосо-

Дэвид Реймер предоставил Мани возможность проверить свою теорию, поскольку он был одним из пары монозиготных близнецов и, следовательно, его можно было сравнивать с генетически идентичным братом. После неудачного обрезания Мани кастрировал мальчика и воспитывал его как девочку по имени Бренда. Жизнь Бренды превратилась в кошмар: что бы ни говорили ей родители и Мани, она знала, что она не девочка, а мальчик. С раннего возраста она хотела мочиться не сидя, а стоя. Позже, когда ее записали в отряд девочек-скаутов, Бренда впала в отчаяние. «Я плел гирлянды из цветов и думал – если ничего интереснее у девочек-скаутов нет, то дело плохо», – вспоминает Дэвид. – Я постоянно думал о том, как весело моему брату в отряде мальчиков». Получая кукол в подарок на Рождество и дни рождения, Бренда попросту отказывалась с ними играть. «Что можно сделать с куклой?» – говорит Дэвид теперь, и в его голосе слышна тогдашняя тоска. «Смотришь на нее. Одеваешь. Раздеваешь. Причесываешь. Какая скука! А на машине можно куда-нибудь поехать, во всякие новые места. Мне хотелось машин». Попытка создать новую половую идентичность привела к таким эмоциональным разрушениям, что Бренда, едва достигнув половой зрелости, немедленно порвала с Мани и сменила пол с помощью операции по восстановлению пениса. Сегодня Дэвид Реймер, насколько известно, счастливо женат» (John Colapinto, *As Nature Made Him: The Boy Who Was Raised As a Girl* (New York: HarperCollins, 2000), p. 58; цит по: Фукуяма Ф. Почему мы должны беспокоиться // Отечественные записки. – 2002. – № 7).

¹ Газнюк Л. Цит. соч, С. 16.

² Там же, с. 12.

матики человека оплачивается распространением неврозов, являющихся прямым следствием прогресса цивилизации¹.

Обусловленность преобразований генома человека факторами социокультурной среды. Разительный конкретно-экологический пример – возникновение в тропиках древних цивилизаций, в основе экономики которых лежала система орошаемого земледелия и ирригации, способствовало расширению ареала малярийного комара, служащего переносчиком возбудителя малярии, а следовательно, распространению малярии. Побочным результатом этого стало широкое распространение в тропических областях наследственного заболевания крови – **серповидно-клеточной анемии**. Эта болезнь вызывается рецессивным летальным геном, но у гетерозигот² наблюдается наследственный иммунитет против малярии. Таким образом, высокая частота встречаемости генов серповидно-клеточности в некоторых тропических регионах объясняется, прежде всего, социально-экологическими причинами³.

Преформация культуры и ментальности изменениями сомы и ее генотипической основы. Один из основателей социобиологии – американский биолог Э. Уилсон, – постулировал существование так называемых **эпигенетических правил, имеющих в психике человека – врожденных ограничений, влияющих на особенности восприятия, познания окружающего мира, мышления, поведенческие реакции**. **Первичными эпигенетическими правилами** являются преимущественно автоматические процессы, идущие от профильтрованных сенсорных импульсов, поступающих от органов чувств, к восприятию. Результаты этого процесса в минимальной

¹ Фрейд З. Недовольство культурой // Философ. науки.– 1989.– № 1; Фрейд З. Психоанализ. Религия. Культура. Ренессанс.– М., 1992.– С. 101.

² Гетерозиготы – организмы, в клетках которых содержатся две разные, альтернативные формы (аллеля) одного и того же гена. У гомозигот в клетках содержится два одинаковых аллеля. В данном случае серповидно-клеточная анемия существует в более тяжелой (смертельной) форме у гомозигот и в легкой, внешне практически незаметной – у гетерозигот.

³ Воронцов Н. Н. Развитие эволюционных идей в биологии.– М.: Прогресс-Традиция, 1999.

степени подвержены варьированию в ходе обучения и других процессов высшей нервной деятельности в коре больших полушарий головного мозга.

Вторичные эпигенетические правила включают в себя оценку самого восприятия, благодаря чему индивиды обладают способностью отдавать предпочтение одним элементам культуры по сравнению с другими¹. Примерами первичных эпигенетических правил могут служить предрасположенность выбирать те или иные цвета, вкусовые ощущения и т. п., способных играть сигнальную роль в отношении опасных или благоприятных факторов среды. Список эмпирически установленных наследственных предрасположенностей включает «предпочтение ребенком сахара в сочетании с активным неприятием соли и горького, влияющее на эволюцию кухни; врожденное различие четырех основных цветов (синий, зеленый, желтый, красный); распознавание ребенком фонов, воздействующее на позднюю речевую структуру; предпочтение ребенком спокойного выражения лица, проявляющееся уже в первые десять минут после рождения; локомоторные стереотипы, ориентирующие обучающегося на человека как источник информации; различия между полами, проявляемые в том, как носят детей, и другие, более крупные объекты; реакция страха перед незнакомцем; предрасположенность к фобиям против некоторых опасностей, таких как высота, бегущая вода, змеи, при отсутствии фобий к другим опасным предметам, таким как электрическая розетка или ружья»². Эволюционное (в биологическом смысле этого термина) значение подобных предпочтений, обычно, достаточно очевидно. Например, большинство ядов, с которыми человек сталкивается в повседневной жизни, воспринимаются как горькие; возможно, по тем же причинам человек оценивает как зловоние запах веществ, представляющих опасность для его здоровья и т. д. С другой стороны, биологическая эволюция не успевает отреагировать на произошедшие в течение последних

¹ Рьюз М., Уилсон Э. Дарвинизм и этика // *Вопр. философии.*– 1987.– № 1.– С. 98 – 99.

² Lumsden C. J., Wilson E. O. *Genes, Mind and Culture: The Coevolutionary Process.*– Cambridge (MA), 1981.– P. 8 – 9.

столетий, а то и десятилетий изменения среды, вызванные научно-техническим прогрессом – огнестрельное оружие, электрический ток и проч.

Эпигенетические правила отражают одну общую особенность¹ коэволюционирующих объектов. Их элементы помимо собственных функций в той системе, частью которой они являются, репрезентируют некие состояния или процессы во «внешней» системе. Первый уровень таких репрезентаций характеризуется предельно жестким индикативным значением относительно другой системы, поскольку они сопряжены с наиболее важными для выживания особенностями обеих систем. Репрезентации более высоких порядков отражают более сложные, нелинейные и комплексные отношения между системами. С точки зрения теории информации эти репрезентативные структуры могут рассматриваться как некие информационные блоки, оторванные от своего первоначального носителя и переданные партнеру в ходе взаимной адаптации (или дезадаптации). Именно эти репрезентации представляют собой материал для селекции, поскольку они обеспечивают выживание каждого из сопряженно эволюционирующих объектов и устойчивость целостной их совокупности. Анализируя форму и смысл подобных репрезентаций, становится возможным понять статическое состояние и направление динамических преобразований природы, общества, культуры и технологии.

Однако в любом случае генетическая и социокультурная наследственность, как составляющие глобального эволюционного процесса, не существуют абсолютно и относительно автономно друг от друга; они создают «единую содержательную целостность индивидуума»².

Опережающие темпы эволюции науки и технологии относительно не только генетической, но и социальной формы эволюционного процесса привело в экономическом пространстве, где действуют

¹ Шанже Ж. П. Нейрофизиологические основы этического поведения // Человек. – 1999. – № 5 – 6.

² Газнюк Л. Цит. соч, с. 12.

законы рыночной конкуренции, к замене коадаптации технологии «технологизацией» психосоматической конфигурации человека.

Возникает и постепенно заполняется новая «социально-экологическая» ниша – система самоконфигурации и самоконструирования психосоматической основы человека. Технологии, проникающие в новую нишу (различные диеты и «рациональное питание», косметика, «физическая культура», *body-building*, аутотренинг, психоанализ, и пр., и пр, и пр.), вначале ограничиваются фенотипической модификацией, т. е. изменением условий функционирования уже существующих генетических программ формирования соматической и психосоматической конфигурации.

По мере заполнения нового технологического пространства обостряется конкуренция и снижается эффективность развития существующих технологических схем. Как естественный и предсказуемый эволюционный результат возникают новые технологические системы, основанные уже на модификации собственно генетических программ индивидуального развития.

Первой такой технологией была предложенная Френсисом Гальтоном еще в 1869 г. позитивная и негативная *евгеника*.

Согласно современным определениям термин «евгеника» достаточно многозначен: теоретическая концепция изучения наследственности человека с целью создания концептуального фундамента и разработки методических основ оптимизации генофонда человечества; конкретные технологии изменения генофонда человечества; политическое движение, ставящее целью реализацию программы решения социальных проблем путем изменения структуры генома человека, предусматривающая в той или иной форме меры государственно-правового регулирования и контроля; псевдонаучная форма антропогенетики, используемая сугубо как средство идеологического и политического давления. В общих чертах они отражают различные фазы исторической эволюции этого феномена в XX в.

Мягкая фаза социального прессинга на репродуктивный выбор достаточно легко переходит в жесткую форму – законодательное или административное принуждение. Обычно в качестве злоупотреблений и нарушений прав человека в этой области приводят на-

цистскую Германию. Действительно, здесь принимались весьма масштабные меры по принудительной стерилизации лиц с «отягощенной наследственностью»¹.

Но не следует забывать, что в эталонных странах западной демократии – США и Швеции – в те же самые годы, происходили не менее впечатляющие события, связанные с попыткой оздоровления генофонда. Вот как это выглядело в Скандинавии, где формально «великий социальный процесс адаптации человека» к современным условиям индустриализации и урбанизации исключал прямое принуждение: «Умственно отсталого ребенка, как это было в Дании, могли по результатам тестов забрать в закрытое заведение, а условием возвращения домой поставить стерилизацию. Взрослого, находящегося в больнице, следовало заранее поставить в известность о намечаемой стерилизации и получить его согласие, но даже если он отказывался, рекомендовалось все равно начать подготовку к операции и говорить о ней с пациентом как о решенной, неизбежной и само собой разумеющейся вещи»².

Причем такие программы разрабатывались и принимались в условиях практически полного политического консенсуса, с участием наиболее авторитетных экспертов с мировым именем – юристов, генетиков, врачей. Среди консультантов был, например, один из классиков генетики, датский ученый В. Иогансен. Против таких законопроектов в Дании (1929 и 1934 гг.) выступило только шесть депутатов-консерваторов, в Финляндии – крайне немногочисленные представители левых социалистов. В целом же активное сопротивление реализации принудительных евгенических программ в Скандинавии оказала лишь католическая общественность, основываясь

¹ Мюллер-Хилл Б. Генетика человека и массовые убийства // Человек.– 1997.– № 4.– С. 107 – 117; Чешко В. Ф., Кулиниченко В. Л. Наука, этика, политика: социокультурные аспекты современной генетики.– К.: ПАРАПАН, 2004; Hanashke-Abel H. M. Not a Slippery Slope or Sudden Subversion // Brit. Med. Journ.– 1996.– Vol. 313.– P. 1453 – 1463; Kevles D. J. Eugenics and Human Rights // Brit. Med. Journ.– 1999.– Vol. 319.– P. 435 – 438 и др.

² Россиянов К. О. Цена прогресса и ценности науки: новая книга по истории евгеники // Вопр. ист. естествозн. и техн.– 2000.– № 1.

на содержании и духе Папской буллы *Castii connubii* (1930 г.), в которой меры регуляции численности и состава населения безусловно осуждались. Последнее делает честь католической церкви, но... Как с сарказмом замечает один из российских историков, «католики не имели бы ничего против стерилизации или кастрации, если бы они использовались в качестве наказания, например, за сексуальные преступления, но не были бы самовольным улучшением, вносимым в предустановленное устройство человеческого тела»¹.

А вот эпизод из истории США. В 1927 г. в Верховный суд США поступило дело о принудительной стерилизации 18-летней Керри Бэк, пациентки государственной психиатрической лечебницы штата Виржиния для «умственно неполноценных», дочери «умственно отсталой» матери. Она стала жертвой изнасилования. Беременность – следствие этого преступления – завершилась, в свою очередь, рождением «умственно отсталого» ребенка. Верховный суд постановил, что «для всего мира будет лучше, если вместо того, чтобы дожидаться необходимости казнить дегенеративных потомков за [совершенное ими] преступление, или дать им умереть вследствие своего увечья, прекратить продолжение этого рода... Трех поколений идиотов вполне достаточно для этого»².

Трансформация евгеники в политический инструмент для «адвокатов расового или классового превосходства, защитников изначальных прав церкви или государства, фашистов, гитлеровцев, реакционеров», по словам американского исследователя Д. Дж. Кевле³, завершилась к 1935 г. После Второй мировой войны в отношении общественного мнения к возможности принудительного вмешательства с целью улучшения генофонда человека произошел перелом, повлекший за собой соответствующие изменения в политических, идеологических и юридических доктринах.

¹ Там же.

² US Supreme Court. *Buck versus Bell* // US Supreme Court Reporter.– 1927.– Vol. 47.– P. 584–585; Smith J. D., Nelson K. R. *The Sterilization of Curry Buck*.– Far Hills, N.J.: New Horizon, 1989.– 268 p.

³ Kevles D. J. *Eugenics and Human Rights* // Brit. Med. Journ.– 1999.– Vol. 319. P. 435 – 438.

На том уровне развития науки о наследственности ее инструментальная база (стерилизация носителей неблагоприятной и патологической наследственности, подбор супружеских пар) оказалась недостаточно эффективной и требующей жесткого политического прессинга. Пришедшие ей на смену технологии пренатальной и предимплантационной диагностики, генотерапии, клонирования потенциально более легко адаптируемы (в разной степени) к действующим системам ценностных приоритетов и этических нормативов. Техническая эффективность их также на порядок выше.

Как не парадоксально, именно в этом сочетании их достоинств заключается источник социального риска. Пожалуй, ни в одной сфере социальной жизни нелинейный характер отношений биосоциальной и социобиологической составляющих не проявляется так же остро, как здесь – в области генных и репродуктивных технологий. Рационалистические ожидания ответа различных социальных общностей и субкультур на их развитие можно свести к двум постулатам.

Скептики и консерваторы в отношении технологической возможности и этической допустимости использования методов модификации генома применительно к человеку должны принадлежать к психосоматической среднестатистической норме. Границы нормы определяются как некий коррелят социокультурных и естественнонаучных критериев принадлежности к человечеству.

Энтузиасты и адепты расширения применения генных и репродуктивных технологий коррекции и усовершенствования генома человека и человечества чаще (но не обязательно) находятся за пределами этой нормы и стремятся либо в нее вернуться, либо пересмотреть ее границы.

Такой результат следовало бы ожидать, по крайней мере, если известный тезис «бытие определяет сознание» является адекватным действительности. Действительность же оказалась значительно сложнее. Среди представителей инвалидных, этнических и профессиональных сообществ немало, как мы увидим, достаточно сильные позиции тех, кто либо выступают против генотерапии и генодиагностики, либо стремятся использовать их для расширения числа носителей

собственной субкультуры. Сохранение и расширение определенной социальной общности может, таким образом, приобретать и более высокий статус относительно общечеловеческих стандартов, сохранения целостности и самоидентичности всего человечества.

Следуя Дэвиду Хайду,¹ в явном виде этически и юридически нормативный аспект биовласти проявляется при решении трех вопросов:

- нормативное установление момента рождения человеческой личности;
- нормативное определение сущности человека как личности;
- нормативное определение момента прекращения существования человека.

Если перевести эти вопросы на язык повседневной жизни, то они сразу же утрачивают академическую беспристрастность, приобретая взамен острую эмоциональную окраску.

С какого момента человеческий индивид приобретает «естественное право» человека – право на жизнь? Иными словами, когда человеческий эмбрион перестает быть объектом – совокупностью клеток – и становится субъектом права, на которого распространяются все права законопослушного гражданина?

Наличие какой совокупности атрибутов позволяют отнести конкретного индивида к полноправному человеческому существу, какие отклонения служат достаточным основанием для полного или частичного ограничения в правах – *de jure* или *de facto*?

И наконец, когда человек превращается из одушевленного субъекта в неодушевленный объект права (труп)?

В конечном итоге, все они могут быть сведены к одному единственному «вечному» вопросу: **что есть Человек?** На наш взгляд, однако, этот список не полный. К нему необходимо прибавить еще один пункт:

¹ Heyd D. Genethics. Moral Issues in the Creation of People.– Berkeley; Los Angeles; London: University of California Press, 1992.– P. 7. См также: Тищенко П. Д. Цит. соч., с. 3 – 7.

В каком отношении человек и человечество находится с окружающим миром как некоей целостностью? В чем смысл человеческого существования?

Вся политическая история Нового Времени оказывается связанной с пересмотром, расширением или сужением того набора качеств, которые дают их обладателям имя человека, и определение той модели окружающего мира, которая наиболее соответствует его потребностям и идеалам. Совместимость рабства негров и политической демократии в США от провозглашения Декларации независимости до окончания Гражданской войны находила оправдание путем ограничения сферы действия записанного в конституции положения о равных естественных правах каждого человека только белой расой. И аргументация сторонников ограничения афроамериканцев в политических правах искала (и находила!) обоснование в, так сказать, объективных научных фактах¹. Сам автор «Декларации независимости» Томас Джефферсон сочетал в своем мировоззрении либерально-демократический политический радикализм с представлениями о биологически обусловленном неравенстве «белых» и «черных» рас². Отталкиваясь от своих наблюдений, он констатирует что «черные» не уступают «белым» в отношении памяти, но обладают значительно меньшим потенциалом в развитии способности к абстрактному мышлению, воображения, художественных способностей (за исключением музыкальных). Джефферсон считал эти различия детерминированными прежде всего биологическими особенностями расы, а не социальными условиями существования, ссылаясь при этом на значительно большую художественную одаренность индейцев сравнительно с неграми, хотя уровень жизни их сильно уступал «белым». Отсюда он делал биологический вывод о нежелательности смешения рас, а вслед за этим и политический – о нецелесообразности предоставления неграм-рабам после отмены

¹ Согрин В. В. Мир американских рабовладельцев: Кэлхун, Фицхью и др. // Новая и новейшая история.– 1990.– № 5.

² O'Brien C. C. Thomas Jefferson: Radical and Racist // Atlantic Monthly.– 1998.– Vol. 278, No 4.– P. 54 – 74.

рабства равных с белыми гражданских прав, предлагая взамен их высылку в качестве колонистов на свободные земли.

Еще раз подчеркнем мысль, которая кажется нам очень важной в рамках нашей темы. Отношение Т. Джефферсона к расовой проблеме формировалось скорее с позиций естествоиспытателя, а потом уже политика. «К нашему стыду следует сказать, что хотя в течение полутора веков перед нашими глазами находились люди, относящиеся к расам чернокожих и краснокожих людей, мы никогда не рассматривали их с точки зрения естественной истории,— огорченно замечает он и продолжает: — Поэтому я высказываю только как догадку что чернокожие, независимо от того, были ли они первоначально отдельной расой или время и обстоятельства выделили их, уступают белым по умственным и физическим способностям»¹. Это дает основание современным апологетам актуализации евгенических программ улучшения генофонда расы, нации и т. п. использовать его имя в пропагандистских целях². Отметим и еще два обстоятельства. Мнение Джефферсона было не единичным и разделялось многими естествоиспытателями и медиками, которых трудно заподозрить в сознательном нарушении норм научной объективности. Общепринятая экспертная оценка конца XIX в. звучала следующим образом (цитата заимствована из трудов крупнейшего специалиста того периода Карла Фогта): «Закругленный передний конец мозга и менее развитый нейрогипофиз у негров по строению соответствует мозгу детей, а по выпуклости париетальных долей — мозгу женщин... По своим интеллектуальным способностям взрослый негр стоит на уровне развития ребенка, женщины и белого мужчины с синильным синдромом»³.

Научные факты и их интерпретация менялись сопряженно развитию политической ситуации, но это, однако, не освободило их от политической компоненты. Изменились только акценты и удельный

¹ Джефферсон Т. Автобиография. Заметки о штате Вирджиния.— М.: Наука, 1990.— С. 212 — 216.

² Pearson R. Heredity and Humanity: Race, Eugenics and Modern Science.— Washington: Scott-Townsend, 1996.—162 p.

³ Цит. по: Тищенко П. Д. Цит. соч., с. 41.

вес конкретных данных в их совокупности. Для объяснения сказанного сопоставим результаты научных изысканий Т. Джефферсона с результатами расогенетических исследований интеллекта, известных в истории как так называемый «скандал Дженсена»¹ – по имени американского исследователя, который на обширном экспериментальном материале продемонстрировал, что наследуемость величины IQ у европеоидов и афроамериканцев приблизительно равняется 80%. Иными словами, это означает ведущую роль генетических факторов в формировании IQ, считающегося показателем уровня интеллектуального развития. К тому же, по данным А. Дженсена, существует статистически достоверная межрасовая изменчивость величины IQ, причем у афроамериканцев IQ в среднем на 15 баллов ниже по сравнению с белыми и индейцами. По утверждению А. Дженсена, у негров более развит ассоциативный уровень интеллекта и менее – концептуальный (способность к абстрагированию). Два обстоятельства. Во-первых, популяционно-генетические исследования характеризуют относительную роль наследственности в данной совокупности особей в целом, находящихся в данной среде. Они оперируют со статистическими параметрами и неприменимы к отдельным индивидам. Во-вторых, статистические показатели носят вероятностный характер и говорят о неоднородности показателей интеллекта «белой» и «черной» рас. Собственно говоря, результаты Дженсена позволяют предвидеть, что среди афроамериканского населения США реже будут рождаться дети, которые могут стать впоследствии Нобелевскими лауреатами в области точного естествознания, но чаще – великие музыканты, поэты, проповедники или ораторы (истина весьма банальная с точки зрения истории). Иными словами доказывается разнообразие наследственных качеств человечества, отражающаяся в разнокачественности рас и народов, а не их неполноценность. Изменился стандартный набор основополагающих признаков человека, изменилось и представление человека о собственной природе, изменилась и их политическая оценка. Неизменным осталось только одно – внутренне обусловлен-

¹ Булаева К. Б. Генетические основы психофизиологии человека. – М.: Наука, 1991. – С.16 – 19.

ные ментальные, социокультурные, политические сдвиги и трансформации по-прежнему ищут внешнего оправдания, апеллируют к науке как последнему арбитру. Это обстоятельство прямо связано с природой техногенной (западной) цивилизации. Ее идеологическим ядром выступает *технологический детерминизм* – в уравнении *социальной эволюции развитие науки и технологии есть независимые переменные, а развитие общества и экономики – производные от них.*

Вернемся к теме нашего анализа. С учетом уже сказанного, *кто является носителем биовласти?* С одной стороны, таковыми выступают законодательные и исполнительные структуры, которые собственно и могут устанавливать определенные нормы и контролировать их соблюдение. Однако неявным образом обладателями биовласти оказываются владеющие научными знаниями эксперты, на чье заключение реально или декларативно опираются парламентарии, правительства, судьи и т. д. Наука в техногенной цивилизации играет роль скрытого или очевидного механизма принятия политических решений¹. Другое дело, что в такой ситуации сами ученые оказываются под сильнейшим политическим прессингом, а следовательно, – конфликта интересов (профессиональных и политических).

Патерналистская модель взаимодействия общества и науки происходит следующим образом: общество *запрашивает* науку о возможности решения возникшей проблемы, а наука *предписывает* обществу способ ее решения. Этот способ рассматривается, как не подлежащий обсуждению, ибо основывается на объективных законах природы. Он может быть принят или отвергнут по этическим или политическим соображениям, но сам вердикт пересмотру не подлежит. Отказ принять его означает, что задача решена не будет. *Наука оставалась вне политики и именно поэтому стала источ-*

¹ Тема *анонимной власти* удачно, на наш взгляд, смоделирована в одном из фантастических романов Станислава Лема (Lem S. Eden.– Krakow; Wrocław: Wyd. Literackie, 1984.– 302 s.). Заметим, что цивилизация, описанная в этом романе («Эдем»), базируется на использовании биотехнологии, закончившейся глобальной катастрофой. Впрочем, в реальности власть науки далека пока что от такого сценария.

ником власти. Патерналистская модель, как убедительно показал Мишель Фуко, впервые сложилась в рамках медицины. Очевидно, именно медицина первой из других наук стала носителем биовласти. Генезис биовласти, по его утверждению, начался в период Великой Французской революции, когда «можно было наблюдать рождение двух великих мифов, темы которых полярны: миф национализированной медицинской профессии, организованной по клерикальному типу, внедренной на уровне здоровья и тела, с властью, подобной власти клириков над душами, и миф об исчезновении болезней в обществе, восстанавливающем свое исходное здоровье, где не будет потрясений и страстей... Две изоморфных мечты: одна позитивно рассказывающая о строгой, воинственной и догматической медикализации общества с помощью квази-религиозной конверсии и внедрения терапевтического клира; другая, трактующая ту же медикализацию, но в победоносном и негативном стиле, то есть как сублимацию болезни в исправленной, организованной и постоянно наблюдаемой среде, где в конце концов медицина исчезнет вместе со своим объектом и основанием существования»¹.

Вслед за медициной та же схема отношений утверждается и для других областей естествознания – по мере того, как они приобретают экономическую и политическую значимость. Очень четко М. Фуко диагностирует сакральный характер биовласти на первом этапе его эволюции. Наука становится религией техногенной цивилизации, решающей основные вопросы бытия человека в этом мире.

С рождением генных технологий ситуация приобретает коренные изменения. Перед лицом глобального кризиса и возможности утраты человечеством собственной идентичности научное сообщество уже не может игнорировать стремление другой стороны к более свободному и равноправному диалогу. Таким образом, приобретение политического значения существенным образом видоизменило место науки внутри социума. В демократическом гражданском обществе эти изменения можно определить как достижение паритетности между научным знанием и повседневными представлени-

¹ Фуко М. Рождение клиники.– М.: Смысл, 1998.– С. 64.

ями и ментальными стереотипами («*профанным знанием*» – по терминологии П. Тищенко¹).

В тот момент, когда развитие науки поставило ее на грань преобразования биосоциальной природы человека, рубеж между объектом и субъектом познания оказался настолько неопределенным, что демократические процедуры взаимоотношений внутри научного сообщества по необходимости стали распространяться и за его пределы. Возникла любопытная ситуация – исследователь (субъект познания) вынужден интересоваться мнением предмета своих исследований (объекта познания) о методах проведения эксперимента и о достоверности полученных результатов.

Если от научной теории и созданной на ее основе технологии зависит судьба меня самого, моих близких и потомков, всего человечества в конце концов, то и выбор определенного сценария будущего из нескольких альтернативных должен приниматься в ходе двухсторонней коммуникации эксперт-общество, эксперт-индивидуум, эксперт-государство и т. д. Здесь обе стороны коммуникативного взаимодействия имеют, по крайней мере, равное число голосов. Происходит любопытная вещь – этическая нагрузка научного знания, социополитический контекст научного открытия становятся имманентной, внутренней составляющей научного исследования. Связка двух коэволюционирующих систем – науки, этики и политики превращается в некий целостный нераздельный симбионт. *Биовласть порождает биополитику*² – совокупность социально-политических наук о живом в плане как политической теории, так и практической политики, или, в более узком понимании, – применение подходов, теорий и методов биологических наук в политологии.

Второе гуманистическое измерение интеграции генетики и биотехнологии в жизнь современного человечества – *биоэтика* – этика выживания человечества, научная дисциплина, предметом

¹ Тищенко П. Д. Цит. соч., с. 40; см. также. Этика геномики [Матер. науч. конф. «Геном человека-1999», Черноголовка, февраль 1999 г.] // Человек.- 1999.- № 4 – 5.

² Олескин А. В. Биополитика.– М.: ИФРАН, 2001.

исследования которой являются этические дилеммы и коллизии, возникающие в результате развития биотехнологии, приобретения человеком возможности контролировать и изменять течение глобального процесса эволюции жизни во Вселенной. «Полное смешение политического, социального и экономического в устройении настоящего обнаруживает биополитическое пространство», – пишут Майкл Хардт и Антонио Негри в уже цитированной книге¹.

Для естествознания в целом и для биологии в особенности биополитика и биоэтика есть новые междисциплинарные области науки на грани между естественным и социогуманитарным знанием. Но для современной гуманистики они представляют собой уже результат нового статуса науки в социуме и ее нового имиджа в ментальности современного человека. Итак, в силу ряда факторов (развитие генетики и биотехнологии – только один, хотя и наиболее важный) происходит биополитизация современного мира. Это влечет за собой ряд важных следствий²:

«Полностью изменяется весь концептуальный горизонт. Биополитическое, рассматриваемое с точки зрения желания, есть не что иное, как конкретное производство, человеческая общность в действии. Желание оказывается здесь производственным пространством, реальностью человеческого сотрудничества в построении истории. Это производство является в чистом виде воспроизводством человека...

Онтологическая и антропологическая перспективы начинают все больше совпадать друг с другом. Биополитический мир – это неисчерпаемое сочетание порождающих действий, движущей силой которых является коллективное (как место пересечения сингулярностей). Никакая метафизика, за исключением совершенно бредовых теорий, не может претендовать на описание человечества как разобщенного и бессильного. Никакая онтология, за исключением трансцендентальной, не может сводить человечество к индивидуальности. Никакая

¹ Hardt M., Negri A. Op. cit.

² Там же.

антропология, за исключением патологической, не может определять человечество как негативную силу...

В биополитическом обществе решение суверена никогда не может противоречить желанию масс».

Нарисованная М. Хардтом и А. Негри картина биополитического мира выглядит крайне привлекательно, но необходимо сделать несколько принципиально важных оговорок, существенно осложняющих картину.

Во-первых, «диктатура масс» не выглядит столь безоговорочно привлекательной, если вспомнить социально-политическую историю XX в. и перечитать произведения Ортеги-и-Гассета.

Во-вторых, современная технология создает мощные средства формирования и контроля «общественного мнения», а в более широком смысле – программирования человеческой личности, эффективность которых превосходит все придуманное с благими или злыми намерениями за предшествующие тысячелетия. «Можно констатировать, что если философия и религия уже более двух тысячелетий безуспешно пытаются сделать его выше и лучше, то современная генетика, кажется, позволяет реализовать более эффективный проект выведения новой породы человека с необходимыми для стабильного существования социума качествами», – писал недавно Б. В. Марков¹ во введении к сборнику «Перспективы человека в глобализирующемся мире». Несколько в другом ракурсе тот же самый разрыв между эффективностью этики и педагогики, обращющихся непосредственно к сознанию, и естественнонаучных технологий, оперирующих с информационно-материальным субстратом соматического бытия мыслящей личности, писал П. Д. Тищенко².

И в-третьих, биополитизация современной цивилизации означает, в частности, тотальную политизацию науки. Объективные критерии научной истины испытывают все возрастающее влияние

¹ Марков Б. В. Введение // Перспективы человека в глобализирующемся мире / Под ред. Парцвания В. В.– СПб.: Санкт-Петербургское философ. о-во, 2003.– С. 5 – 11.

²Тищенко П. Д. Цит. соч., с. 40.

со стороны общества. Существует вполне очевидная тенденция: **биоэтика как этика биотехнологии и методология биополитики превращается в теоретическую основу фундаментальной этики науки в целом.** Однако на этой стадии процесс не останавливается. Природа техногенной цивилизации такова, что наука составляет стержень ее несущей конструкции (что, кстати, проявляется в подмеченной П. Фейерабендом¹ агрессивно-экспансионистском характере ее отношений к остальным формам и составляющим духовной культуры). Поэтому *по мере биополитизации западной цивилизации биоэтика все более настойчиво претендует на роль базисной этической системы и политической идеологии общечеловеческого значения*².

Влияние новой ситуации на экономику разворачивается в двух плоскостях – эпистемологической и онтологической.

Эпистемологический аспект биополитизации экономики³. Во времена Адама Смита задача познания формулировалась как

¹ Фейерабенд П. Избранные труды по методологии науки.– М.: Мысль, 1986.– С. 450 и др.

² Поттер В. Р. Глобальная биоэтика: движение культуры к более жизненным утопиям с целью выживания// Практична філософія.– 2004.– № 1.– С. 4 – 14. Эрин Уильямс сформулировала эти притязания очень четко: «Я использую термин «глобальная» для обозначения биоэтического фундамента того, что наша экономическая система, наши права человека, наша защита животных, наши экологические проблемы и наши исследовательские усилия взаимосвязаны... Я использую термин «Глобальная Биоэтика» как обозначение междисциплинарного, межкультурного движения, созданного для исследования новых технологий, проектов, разработок и существующих систем с целью создания такого будущего, где люди различных популяций будут иметь свою долю участия в уважении, сохранении и восстановлении здоровой биосферы» (Williams E. D. A call for Global Bioethics// Практична філософія.– 2004.– № 1.– С. 16 – 17). В этом же русле лежит и стремление идеологов биоэтического движения в США представить биоэтику как естественное развитие и продолжение политико-философской традиции, восходящей к Отцам-Основателям, прежде всего, к Томасу Джефферсону (Lower G.M, Jr. Extending Global Bioethics//Практична філософія. 2004.– № 1.– С. 25 – 35).

³ Блауг М. Экономическая мысль в ретроспективе.– М.: Дело-ДТД, 1994; Автомонов В. С. Человек в зеркале экономической теории (Очерк истории западной экономической мысли.– М.: Наука, 1993.– 176 с.; Философия экономики.– К.: Альтерпресс, 2002.– 284 с.

создание объективной картины окружающего мира, из которого был устранен человек – наблюдатель и преобразователь этого мира. В социоэкономической теории в этот период были устранены целевые и ценностные установки, политические и этические взгляды как отдельных индивидов – субъектов хозяйственной деятельности, так и самого исследователя. В соответствии с концепцией классика экономической теории Адама Смита деятельность человека в рыночной среде целиком определяется рационалистическими факторами – единым универсальным законом, ведущим, независимо от воли субъекта к росту общественного богатства. Соматическая природа человека и индивидуальные особенности каждой человеческой личности выводились «за скобки» объективных законов функционирования экономической среды. Наиболее четко этот принцип отразился в догматически интерпретированном тезисе Карла Маркса «Человек – это совокупность всех общественных отношений».

Неклассическая и постнеклассическая эпистемологические концепции внесли в методологию науки существенные изменения.

Прежде всего, научному осмыслению подвергается реальное поведение, реальные мотивы и стимулы поступков хозяйствующих субъектов в их целостности, включая сюда биосоциальную и психологическую составляющие.

Во-вторых, экономическая теория не может быть целиком освобождена от ценностно-этического и идеолого-политического компонентов. Объект и субъект социоэкономического познания включены в цикл прямых и обратных связей¹ Сам процесс научного исследования оказывает влияние на поведение субъекта и его био- и психосоматическое бытие. В свою очередь последнее в совокупности с социокультурными особенностями в значительной мере изменяют рациональную основу экономической деятельности индивида, делают ее нелинейной. «У совокупности общественных отношений не болит голова, она никогда не ест и не спит, у нее нет пола, а значит, нет детей. Да это же просто идея человека, а не сам

¹ Сорос Дж. Кризис мирового капитализма. Открытое общество в опасности.– М.: ИНФРА-М, 1999.

человек», – иронизирует один из современных исследователей¹. Соответственно этому важнейшим элементом социоэкономической стратегии и тактики становится учет и использование этого фактора как средства формирования и реструктуризации рыночных отношений.

Онтологический аспект биополитизации экономики. Создаваемые в настоящее время технологии формирования и модификации потребительского рынка ориентируются в значительной мере на установки «здорового образа жизни», «здоровой наследственности», «экологической безопасности» и т. п. О структурных перестройках рынка технологий и основанных на них услуг говорилось несколько выше. Важно отметить, что и в этом случае возникает цикл с положительной обратной связью, связывающий биополитизацию современной культуры и эволюцию рыночной структуры. Фирмы и субъекты предпринимательской деятельности активно расширяют сферу занятой ими экономико-технологической ниши и, тем самым, еще более интенсифицируют процесс биополитизации, втягивают в сферу биовласти ранее незатронутые области.

Биовласть (истинная или виртуальная) становится элементом глобальной геополитической стратегии. В конкретных событиях современной истории (СПИД, атипичная пневмония, генно-модифицированные продукты, клонирование, легализация наркотиков и т. д. и т. п.) политологи и политические имиджмейкеры активно ищут (и находят) следы сознательного или спонтанного, тайного или явного, реального или виртуального использования новых биотехнологий в глобальных политических целях².

Институализация биоэтики в политической системе современного западного общества началась в конце 70-х годов в США и распространилась спустя несколько лет на страны Западной Европы, а в 90-е годы – и на постсоветское геополитическое пространство (Восточная и Юго-Восточная Европа, страны бывшего СССР).

¹ Круткин В. Л. Онтология человеческой телесности.– Ижевск: Удмурт. ун-т, 1995.– С. 17.

² В качестве примера см.: Штаубе Г. Атипичные технологии // Спецназ России.–2003.– № 06 (81).

Одновременно учреждаются и наднациональные биоэтические органы – Экспертный комитет по биоэтике Совета Европы (1985 г., в 1992 г. переименован в руководящий комитет по биоэтике в Совете Европы), экспертная группа Еврокомиссии (1991), Международный биоэтический комитет (1993) и Межгосударственный биоэтический комитет (1998), функционирующие в рамках ЮНЕСКО, и т. д., и т. п. Процесс протекал в форме создания консультативно-рекомендательных экспертных структур. Как правило, такие органы в результате оказывались «над схваткой», не вступая в политические конфликты и не вмешиваясь в конкурентную борьбу различных экономических группировок. Например, хронологически первый консультативный биоэтический комитет, созданный декретом президента Франции еще в 1983 г., имел задачу «выработки точки зрения на моральные проблемы, возникающие в ходе проведения исследований в области биологии, медицины и здоровья, будь то в отношении отдельных людей, социальных групп или общества в целом», без права разрешать или запрещать проведение конкретных исследований¹. Как утверждал его президент Дидье Сикара: «Мы – «акушеры рефлексии», так как именно члены нашего Комитета оказывают первую помощь при решении ежедневных моральных проблем»².

Однако моральный авторитет такого рода структур практически исключает или делает крайне проблематичной возможность оспаривания его рекомендаций законодательной или исполнительной властью.

Этические комитеты претендуют на роль аппарата, обеспечивающего защиту прав человека и достижение политического и общественного консенсуса, регулятора взаимоотношений бизнеса, государственных структур и общественности.

Особенностью развития биоэтики как идеологии биовласти в Украине, России и других странах, возникших после распада Совет-

¹ Цит. по: Вековщина С. В. Методология и опыт этической экспертизы на национальном и международном уровнях // Этические комитеты: настоящее и будущее.– Киев: Сфера, 2004.– С. 10.

² Там же, с. 11.

ского Союза, стал ее «импортный» характер. Российский национальный комитет по биоэтике создан под эгидой РАН в 1992 г., Комиссия по вопросам биоэтики при Кабинете Министров Украины – в 2000–2001 гг. на основе западной методологии и организационных форм, адаптируемых к реалиям локальной политико-экономической и социокультурной ситуации. Историческое наследие тоталитарных режимов и неразвитость гражданского общества делают такую адаптацию достаточно специфической. Биоэтические комитеты на постсоветском геополитическом пространстве в большей мере, чем на Западе, испытывают политический прессинг и тенденцию трансформации в один из факторов административного ресурса. Иными словами, сохраняется тенденция к авторитаризму, проявляющаяся в принципах создания и функционирования, механизмах принятия решений¹. Таким образом, структуры биовласти в Украине и России могут сыграть как стабилизирующую, так и дестабилизирующую роль в процессе становления гражданского общества².

Помимо всего прочего, встает вопрос и о социокультурной адаптации биоэтики, т. е. ее интеграции в восточно-славянскую ментальность и систему этических приоритетов. Синергетика или антагонизм могут иметь здесь ключевое значение с точки зрения сохранения в период кризисного политико-экономического развития этно-генетической и социокультурной идентичности.

Тотальный характер современной биовласти, равно как и ее опосредованный, неявный характер, имеет достаточно яркие примеры в недавней советской истории. Как отмечает неоднократно цитируемый в настоящем исследовании И. В. Бестужев-Лада, столкновение принятой в бывшем СССР системой «бесплатного» здравоохранения и мало затронутой коммунистической модернизацией традиционной патриархальной ментальности имело достаточно существенные последствия для телесного и душевного здоровья населения.

¹ Цит. по: Вековщина С. В. Методология и опыт этической экспертизы на национальном и международном уровнях // Этические комитеты: настоящее и будущее.– К.: Сфера, 2004.– С. 10.

² Этот аспект проблемы проанализирован нами ранее. См.: Чешко В. Ф. Біоетика і громадянське суспільство // Вісн. НАН України.– 2002.– № 1.– С. 43 – 49.

Прежде всего, резко возросла заболеваемость населения, вопреки, казалось бы, значительному росту количественных показателей здравоохранения¹. Эти изменения коснулись как эпигенетического, так и собственно генетического уровней. В частности, значительно вырос мутационный генетический груз – вследствие значительного ослабления действия естественного отбора, роста пьянства и табакокурения, высокого, как полагает российский социолог, уровня психофизиологического стресса в школьных коллективах и т. п. Еще раз подчеркнем, *все эти изменения в репродуктивно-генетической сфере человеческого бытия были косвенно обусловлены идеологическим базисом и функционированием советской государственной машины. Из внимания ее были исключены отдаленные биомедицинские и генетические последствия принимаемых политических решений.*

Биополитические аспекты современного – переходного, кризисного – развития Украины наиболее четко проявляются в двух аспектах.

Во-первых, в сопряженном изменении возрастной и генетической структуры популяций и ее обеднении. (Конкретной эмпирической базой этого принципиально важного методологического постулата служит наблюдение, сделанное в лаборатории Института общей генетики РАН. С 1986 г. и до настоящего времени наблюдается длительный экономический и социально-политический стресс, переживаемый населением России и других стран СНГ. Как результат, отмечается общее сокращение продолжительности жизни, асимметрично выраженное у мужского и женского пола. Продолжительность жизни в России составляла в 1987 г. 64,9 года у мужчин и 74,6 – у женщин, а к 2004 г. упала до 59 и 72,2 соответственно. Наибольший урон, по сведениям Ю. П. Алтухова, претерпевают множественные гомозиготы – редкие генотипы, обеспечивающие их носителям высокую вероятность стать долгожителями, но только в условиях константной, «щадающей» социоэкономической среды. В условиях стресса преимущество получают гетерозиготы, характеризующиеся большей устойчивостью к неблагоприятным воздействиям, но промежуточными значениями по большинству важных количес-

¹ По числу койко-мест в лечебных учреждениях и врачей на душу населения бывший СССР действительно значительно превосходил США.

твенных признаков (так называемый *эугетерозис* по терминологии Ф. Добжанского). При этом женщины несут две одинаковые половые хромосомы – XX, а мужчины разные – XY. В силу этого у мужчин чаще, чем у женщин проявляется действие расположенных в X-хромосоме генов, проявление которых у женщин может быть уравновешено генами, находящимися во второй X-хромосоме).

Во-вторых, в зависимости этих изменений от социокультурных и ментальных стереотипов. Не случайно, отдельные регионы бывшего СССР отреагировали на социополитический стресс последних десятилетий двумя альтернативными путями. В первой группе (Украина, Россия, Беларусь, Прибалтика) наблюдалось, как только что говорилось, снижение продолжительности жизни и исчезновение отдельных генотипов, во второй – те же самые социальные и экономические процессы протекали на фоне относительно благополучной генетико-демографической ситуации. Г. Апанасенко, озвучивший это наблюдение на II Национальном Конгрессе по биоэтике (октябрь 2004), приходит к выводу, что неприятие новой идеологии, сопряженный с ним нравственно-эмоциональный стресс и его последствия обуславливаются «исторической памятью народа, его этическим архетипом». По его утверждению, именно это выдвигает биовласть на первое место в системе политических приоритетов. В конечном счете, заявляет он в своем докладе, должно произойти перераспределение социальных и политических ролей в украинском (очевидно, не только украинском) обществе: юристы, финансисты, экономисты, хозяйственники «должны перейти в функциональное подчинение» к тем, «кто лучше знает природу человека и механизмы его поведения» – социологам, психологам, специалистам по популяционной медицине¹.

*В-третьих, помимо всего прочего, приведенные примеры свидетельствуют еще об одном: функционирование государственной машины **всегда** имеет скрытую или явную биолого-генетическую компоненту, которая должна приниматься во внимание, особенно в современных условиях.*

¹ Апанасенко Г. Л. Биоэтика в политике государства // Другий Національний Конгрес з біоетики з міжнародною участю.– К., 2004.– С. 252 – 253.

Термин **биополитика** (*биополитология, biopolitics, biopolitics*) появляется в начале 60-х годов XX в. Очевидно, исходный импульс развитию этого направления дали статьи Л. Колдуэлла 1963 и 1964 гг. Дисциплинарная институционализация биополитологии началась спустя 5 – 10 лет, параллельно со становлением биоэтики Р. ван Поттера. Ныне существует несколько биополитологических научных школ, наиболее влиятельными из которых являются американская (Л. Колдуэлл, Р. Мастерс, А. Сомит и др.), немецкая (Х. Флор, В. Таннесман и др.), голландская (В. Фалгер, ван дер Деепс), греческая (А. Влавianos-Арвантис). В России центрами биополитологических исследований являются Москва (А. В. Олескин) и Санкт-Петербург (В. С. Степанов).

Изначально биополитология понималась как редукция социополитических закономерностей к биологическим. Такой вектор развитию биополитологии был задан еще Л. Колдуэллом, который в своей программной статье 1964 г. писал: «Биополитика – это полезное клише, обозначающее политические усилия, направленные на приведение социальных, особенно этических ценностей в соответствие с фактами биологии»¹. Однако дальнейшее развитие биополитологии выявило, на наш взгляд, очевидную односторонность методологии биологического редукционизма, применяемой изолированно от эволюционно-интегративной составляющей. Уже в процитированной выше статье тот же Л. Колдуэлл говорил как о необходимости «синтеза научного знания и этических ценностей», так и об обязанности практической политики дать ответ на [«взрывоподобное развитие – *авт.*] биомедицины и технологии»². Гораздо более точным выглядит определение, согласно которому биополитика (биополитология) «релевантна определенным аспек-

¹ Caldwell L. K. Biopolitics, science, ethics and public policy // Yale Rev.– 1964.– Vol. 54.–No 1.– P. 3.

² Ibid, p. 2. Позднее очень близкие, если не текстуально совпадающие высказывания были сделаны Э. Сомитом и С. Петерсоном (1979), Вигеле Р. Бланк и др. (цит. по: Blank R. H. Biopolitics: A Restatement of Its Role in Politics and the Life Sciences // Politics and Life Sci.– 1982.– Vol. 1, No 1.– P. 38 – 42).

там биологического знания¹». В подтверждение можно привести классификацию биополитологической проблематики, приводимой в учебном руководстве по курсу «Биополитика», подготовленном сектором биосоциальных проблем биологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова (Москва, Россия)²:

- природа человека: биополитический подход;
- эволюционно-биологические корни формирования политических систем;
- этологические и физиологические основы политического поведения индивидуумов и социальных групп;
- охрана биологического разнообразия экологической среды обитания человека;
- криминальное и агрессивное поведение как следствие несоответствия биологических стратегий выживания и существующих в социуме этических систем;
- биомедицинские (медико-этические) проблемы – аборт, эвтаназия, биотрансплантация и т. п.;
- педагогические, образовательные и просветительские проблемы, связанные с созданием адекватной системы биологических знаний у населения;
- социальные конфликты, обусловленные развитием генетических технологий и т. д. и т. п.

Согласно современным справочникам термин «**биополитика**» оказывается полисемантическим по смыслу и поливариантным по происхождению. Так, в «Толковом словаре обществоведческих терминов» Н. Е. Яценко понятие «**биополитика**» употребляется в трех различных и не полностью сопоставимых смыслах³.

¹ Blank R. H. Op. cit., p. 38.

² Олескин А. В. Биополитика. Политический потенциал современной биологии: философские, политологические и практические аспекты. – М.: ИНФРАН, 2001. – С. 7.

³ Яценко Н. Е. Толковый словарь обществоведческих терминов. – СПб., 1999.

1. Одно из основных научно-философских направлений социобиологии, целью которой является раскрытие и изучение биологических законов, лежащих в основе поведения людей.

2. Комплекс теоретических идей, практических рекомендаций и действий экономического, экологического, правового, нравственного, политического и социального характера, связанных с пониманием и оценкой важности жизни на Земле, рассматриваемой как единое взаимосвязанное и взаимозависимое целое.

3. Расистская политика, представители которой пытаются оправдать некоторые политические агрессивные или прямые военные акты, исходя из биологического, особенно расового превосходства.

В первом значении этого слова биополитика соответствует методологии биологического редуccionизма. Во втором – тот же термин действительно представляет собой естественную реакцию политологического мышления на появление в этом концептуальном поле новых идей, порожденных техногенной цивилизацией. О третьем понимании слова «биополитика» следует поговорить особо, поскольку оно достаточно широко распространено на постсоветском политическом пространстве.

В своем учебнике «Геополитика» Ю. С. Тихонравов отождествляет термины **биополитика** и **расизм**: «поскольку в качестве идеологического направления геополитика апеллирует к природным началам, ее можно отнести к так называемой «естественной (натуральной) идеологии». Сюда же можно отнести течение, родственное геополитике, также акцентирующее внимание на естественных основаниях политических решений – расизм, который по аналогии можно назвать «биополитикой»¹.

На наш взгляд, подобная интерпретация является некорректной. Политические проблемы возникали и будут возникать там и тогда, когда социокультурное воздействие на психосоматическое бытие человека окажется дифференцированным в отношении различных социальных общностей. Понятие **социальная общность**

¹ Тихонравов Ю. В. Геополитика: Учеб. пособ.– М.: ИНФРА-М, 2000.– С. 33.

изначально более многомерно в сравнении с расой, нацией, этносом. А следовательно, биополитика не редуцируется собственно к своей этно- и расо-генетической составляющей, и тем более, подобная редукция не может быть заменена чисто идеологической декларацией. Более того, подобные декларации оказываются достаточно опасными, поскольку устраняют из сферы методологического и научного анализа достаточно существенный фактор социального риска.

Очевидным образом различные аспекты биополитологии выходят за рамки «сведения» социальных закономерностей к их биологической основе. В упомянутом несколькими страницами выше учебном руководстве по биополитологии остается, однако, не преодоленным некий дуализм редукционистско-биологического и гуманитарно-социологического подходов к определению содержания и методологии биополитологии. Между тем, опираясь на методологическую и эмпирическую базу биологических наук, прежде всего генетики и теории биологической эволюции, биополитология, по словам одного из американских экспертов – Семьюэля Хайнса (сказанным еще в 1982 г.), «биополитология должна найти свою [«экологическую»] нишу в рамках политологических дисциплин» и доказать «свою способность объяснить, если не решить, обоюдные противоречия (обычно расцениваемые как [концептуальные] дихотомии) внутри политологии, особенно во взаимоотношениях фактов и ценностей, эмпирических и нормативных концепций»¹.

К этому вопросу мы вернемся несколько ниже. Сейчас же отметим, что необходимость синтетической методологии биополитологических изысканий проявляется уже в спорах по поводу ее базисных терминов и предмета исследований. В англо-американской научной литературе понятию «*биополитика*» соответствуют два лексических конструкта – *biopolicy*, и *biopolitics*. Первым из них (*biopolicy*) обозначают теоретико-содержательные политические аспекты интеграции биотехнологии и фундаментальных биологических концепций в культуру и экономику; второй термин (*biopolitics*) – соответствует собственно выявлению биологического

¹ Hines S. M., Jr. Politics and the Evolution of Inquiry in Political Science // Politics and the Life Sci.– 1982.– Vol. 1, No 1.– P. 5 – 16.

фундамента, генетико-эволюционных истоков социополитических конфликтов и процессов.

Аналогичная неоднозначность (однако несколько иная с точки зрения семантики) существует в русско- и украинско-язычных источниках:

Биополитика – раздел политологии, предметом которого являются политические аспекты взаимодействия двух глобальных саморазвивающихся систем – социума и биосферы¹.

*Второй подход предлагает для обозначения того же самого концептуального поля как более адекватный по смыслу термин **биополитология**, оставляя за **биополитикой** в узком смысле этого слова только прикладные, практические коллизии и конфликты, связанные с социальным контролем психосоматических функций человека².*

Естественным, на первый взгляд, решением был бы чисто формальный перевод англоязычных терминов с приданием каждому из них соответственного семантического содержания: *biopolicy* – био-политология, біополітологія; *biopolitics* – био-политика, біополітика.

Однако такой шаг не является, как мы считаем, оптимальным в глобально-методологическом аспекте, поскольку генетическая инженерия стирает грани между био-политическими проблемами, имеющими, так сказать, естественно-экологическое (взаимодействие социума и природы) и инженерно-технологическое (создание организмов с модифицированным геномом) происхождение.

С феноменологической точки зрения логический конструкт **«биовласть»** создает некое единое концептуальное поле, в сферу влияния которого потенциально и актуально включены:

I. Естествознание –

а) теоретическая биология (генетика),

¹ Hines S. M., Jr. Politics and the Evolution of Inquiry in Political Science // Politics and the Life Sci.– 1982.– Vol. 1, No 1.– P. 5 – 16.

² Степанов В. С. Цивилизационное состояние общества с точки зрения био-политологии // Клио.– 1999.– № 1.– С. 18 – 24.

b) (био)медицина,

c) (био-, генная)технология, с одной стороны и

II. Социогуманитарное знание –

(био)политика,

(био)этика,

(био)философия,

(био)право,

(био)культурология,

демография,

социология – с другой.

Одно из возможных названий для новой области междисциплинарных исследований – **концепция социобиологической и социотехнологической коэволюции**. Очевидно, такое название предусматривает и целостную методологию, в качестве которой может выступать **глобальный эволюционизм, предусматривающий рассмотрение интеграции новейших высоких технологий как процесса обуславливающего и обусловленного социокультурными и геннокультурными трансформациями**. В основе этого процесса лежат два альтернативные, но взаимосвязанные способа кодирования, воспроизводства и преобразования информации, имеющей приспособительное значение – **биологическое (генетическое) и социокультурное наследование**. В настоящее время уже четко просматривается возможность появления еще одного способа – компьютерного. *Таким образом, с одной стороны, биологическую и социокультурную эволюцию можно рассматривать как некие «информационные технологии», с другой – говорить об инвариантности процессов биологической, социокультурной и «технологической» эволюции¹.*

¹ Аналогия биологической эволюции и технологического развития приобрела широкую популярность в отечественной литературе со времени появления русского перевода «Суммы технологии» Станислава Лема, впервые опубликованной на польском языке в 1964 г. (Lem St. Summa technologiae.– Wyd. 4.– Krakow, 1984.– 352 s.).

Итак, биополитическая методология должна базироваться на теории коэволюции. В представленной ниже схеме достаточно четко выявляется многоуровневый, системный принцип формирования биополитологического концептуального поля, биополитической практики и соответствующих им трансформаций социополитических институтов (см. рис. 1).

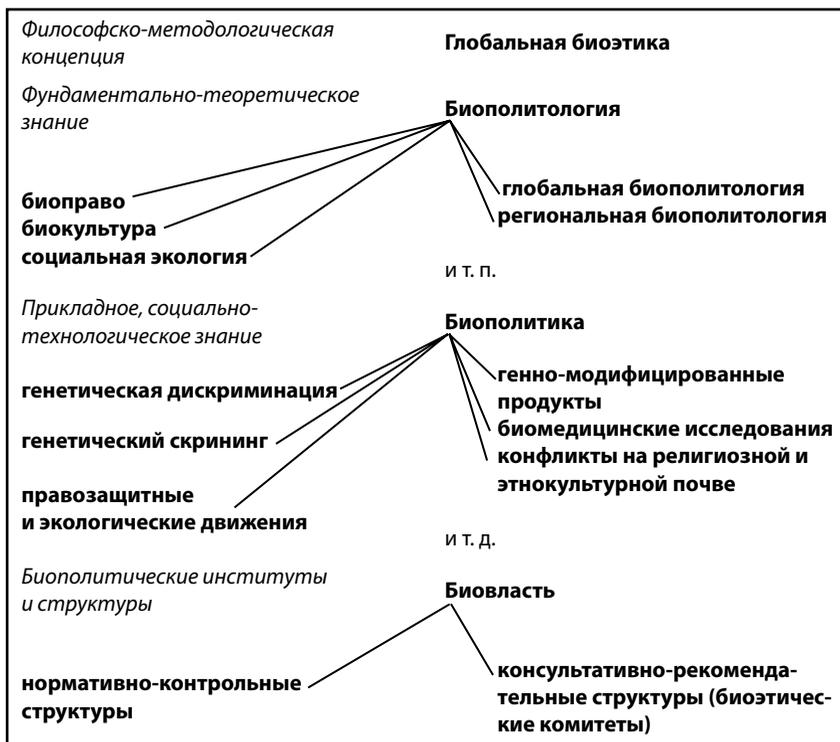


Рис. 1. Схема формирования концептуального биополитологического поля

Необходимо сделать несколько уточняющих замечаний.

Прежде всего, к сфере теоретических основ биополитики отнесены:

биоправо – разработка системы нормативных актов, регулирующей отношения индивида как некоего биосоциаль-

ного существа с себе подобными и с социоприродной средой в целом;

биокультура (биокультурология), предметом которой, возможно, станет взаимовлияние культуры, биотехнологии и психосоматического субстрата человека как носителя разума;

социальная экология, исследующая взаимодействие двух глобальных самовоспроизводящихся сопряженно развивающихся систем – биосферы и социума;

глобальная биополитология – изучение общих социополитических закономерностей интеграции новых биотехнологий в социальную жизнь и

региональная биополитология – адаптация биотехнологий и фундаментального биологического знания к конкретному этнокультурному и социополитическому контексту.

Далее, приведенная схема носит гипотетико-прогностический характер – некоторые ее элементы в настоящее время существуют не актуально, а лишь как потенциальные тенденции развития. Прежде всего, это касается предполагаемого возникновения в будущем неких нормативно-контролирующих органов биовласти.

И последнее. Формирование биовластных структур должно основываться преимущественно на образовании горизонтальных, а не вертикально-властных отношений, т. е. быть результатом спонтанно достигаемого общественного консенсуса. Альтернативный сценарий (административная инициатива) представляет серьезную опасность, что и доказывает социополитическая история XX в.

Фукуямовский тезис о «конце истории», популярный на Западе в конце XX в. может оказаться ложным. К такому выводу пришел сам автор концепции – Ф. Фукуяма, заявивший в своей последней монографии, что происходящая в последние годы **биотехнологическая революция**. – «это не просто технологическая революция в нашей способности декодировать ДНК и манипулировать ею... Эта научная революция опирается на открытия и достижения в ряде взаимосвязанных отраслей, помимо молекулярной биологии, включая когнитивные науки о нейронных структурах мозга, популяционную

генетику, генетику, генетику поведения, психологию, антропологию, эволюционную биологию и нейрофармакологию»¹. Российский философ Б. Г. Юдин, процитировавший этот пассаж, замечает: «Одна из отличительных особенностей нашего времени состоит в том, что не только те науки, которые некогда были названы объясняющими, но и науки гуманитарные, которые принято характеризовать как понимающие, все в большей мере воспринимаются – о более того, осознают себя – как науки технологические, позволяющие изменять человека»². Вернемся к эссе Фукуямы. По его мнению, самая большая угроза существованию человечества исходит от биотехнологии и заключается в разработке эффективных технологий осуществления биовласти: «Агитпроп, трудовые лагеря, перевоспитание, фрейдизм, выработка рефлексов в раннем детстве, бихевиоризм – ни один из этих методов не опирался на знание нейронной структуры или биохимической основы мозга, ни у кого не было понимания генетических источников поведения, а если и было, то его нельзя было применить для воздействия на них»³ (необходимо добавить – евгеника и расовая гигиена). Несколько страницами ранее он предполагает: «Природа человека формирует и ограничивает возможные виды политических режимов, так что если какая-либо технология окажется достаточно могущественной, чтобы переформировать нас, то это будет, видимо, иметь пагубные последствия и для либеральной демократии, и для природы самой политики»⁴.

Итак, в силу научно-технического прогресса и вызванных им социокультурных и политических коллизий, а не только природной или техногенной катастрофы может произойти переход в эру «пост-человеческого мира».

¹ Fukuyama F. Our Posthuman Future: Consequences of Biotechnology Revolution Farrar.– N.Y.: Straus and Giroux, 2002.– P. 19. Русск. пер: Фукуяма Ф. Наше постчеловеческое будущее.– М.: АСТ, 2004.

² Юдин Б. Г. О человеке, его природе и будущем// Вопросы философии.– 2004.– № 2.

³ Fukuyama F. Op. cit., p. 15.

⁴ Ibid, p. 7.

Еще в 1924 г. идею качественного преодоления зависимости человека от собственной биологической основы, становящейся тормозом дальнейшей прогрессивной эволюции Разумной жизни на Земле, высказал британский физиолог, генетик и эволюционист Джон Б. С. Холдейн в книге с весьма символическим названием – «Дедал, или наука и будущее»¹. Он не первый и не последний раз выступал в роли «генератора идей», обладавших мощным эвристическим потенциалом с точки зрения последующего развития естествознания и становящихся катализатором столь же мощных процессов ментальных трансформаций Западной цивилизации. И в этом случае книга Холдейна стала первой в ряду произведений наиболее известных и авторитетных естествоиспытателей, философов и писателей-фантастов. Сам термин *трансгуманизм* впервые использовал другой виднейший биолог XX века – Джулиан Хаксли. По его мнению, трансгуманизм не равнозначен антигуманности: «Человек останется человеком, но превзойдет сам себя, благодаря новым возможностям, открывающимся перед его человеческой природой»².

Именно философы и представители искусства – Бертран Рассел и Олдос Хаксли обратили внимание на потенциальные опасности и возможность эрозии гуманистических идеалов современной цивилизации. Сохранение гуманности в новых технокультурных реалиях не могло реализоваться спонтанно вне целенаправленной социополитической активности. (Уже название опубликованной тогда же – в 1924 г. – книги Рассела заведомо полемично по отношению к футуристической концепции Холдейна: «Икар – будущее науки»³. Столь же иронично выглядят предчувствия «Бравого нового мира» Олдоса Хаксли – ближайшего родственника и, как видим, оппонента Джулиана Хаксли.)

¹ Haldane J.B.S. Daedalus, or, Science the Future. London: Paul, Trench, Tubner and Co.– 1924.– P. 3.

² Цит. по: Bostrom N. A History of Transhumanist Thought // Journal of Evolution and Technology.– 2005.– Vol. 14, Issue 1.– P. 14.

³ Russel B. Ikarus, or the Future of Science. London: Paul, Ttrench, Trubner and Co.– 1924.– P. 1.

«Приводным ремнем» социально-политической истории и биосоциальной эволюции XXI в. становятся (среди других источников напряженности) биополитические коллизии. А следовательно, биополитологическая проблематика, связанная с механизмами осуществления биовласти, приобретает, как любил говорить М. Горбачев, «судьбоносное значение», или точнее, роль основного формообразующего фактора для будущего человечества.

Одним из базисных постулатов классической этики науки был принцип этической нейтральности объективного научного знания. Ныне на смену устранению из научных теорий социо-этических и идеолого-политических суждений приходит иная стратегия – идентификация и исследование таких компонентов, разработка системы критериев, в соответствии с которыми научные теории и научные факты подлежат оценке, прежде всего, с точки зрения социальных и культурных последствий, своего влияния на соматическое бытие человека в этом мире. Именно с комплексом этих обстоятельств и связан, очевидно, генезис феномена «опасного знания», которому посвящено настоящее исследование.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ: НАУЧНОЕ ЗНАНИЕ КАК ФАКТОР РИСКА

Один из старейших мыслителей XX в. Карл Поппер обратил внимание на сходство механизмов биологической эволюции и приращения научного знания: в основе обоих процессов лежит поиск удачных решений возникших проблем путем проб и ошибок, а затем запоминания удачного выбора. В соответствии с методологией эволюционной эпистемологии в этой трактовке саму эволюцию можно рассматривать как процесс познания, а возникновение биологической адаптации – как аналог создания новой научной теории. *Однако развитие науки подвело ее грани, когда она утрачивает (или почти утрачивает) право на ошибку – т. е. основной инструмент извлечения новой информации об окружающем мире*¹. Социальная цена приобретения нового знания иногда становится слишком высокой².

Собственно говоря, именно Р. В. Поттеру удалось перевести проблему «опасного знания» (крайне своевременно, учитывая лавинообразное развитие высоких технологий, прежде всего информатики и генетической инженерии в последней трети XX в.) в плоскость практической философии в кантовском понимании этого слова, т. е. создания нового этического императива и конкретного механизма его реализации.

Три основные параметра позволяют, как полагал Р. В. Поттер³, однозначно охарактеризовать состояние системы наука – социум:

¹ Бек У. Общество риска.– М.: Прогресс-Традиция, 2000.– С. 240.

² Вспомним раннюю повесть Аркадия и Бориса Стругацких «Далекая радуга», где «ошибка эксперимента» привела «всего лишь» к гибели целой планеты. У современного человечества (в отличие от героев этой повести) только одна планета, пригодная для жизни, – Земля, и эвакуировать ее население не представляется возможным.

³ Поттер Р. В. Биоэтика: мост в будущее.– К.: Вадим Карпенко, 2002.– С. 199 – 206.

1. **Объем** научного знания, который в первом приближении экспоненциально возрастает.
2. **Социальная компетентность**, определяемая как степень интеграции научного знания в существующие целостную систему менталитета и доктринально-идеологический фундамент данного социума.
3. Степень **социального контроля** за возможными природными и социально-политическими последствиями научно-технического прогресса.

При наложении этих взаимозависимых функций выясняется, что график изменений социальной компетенции и социального контроля имеет синусоидальную форму, где периоды подъема («золотой век») чередуются с периодами спада (социальный кризис). Причина этой закономерности состоит в опережающем росте научного знания по отношению к способности общества осознать и адаптироваться к возникшим в результате новым реалиям бытия. К тому же результату (эту возможность Р. В. Поттер не рассматривал) приводит и обратное соотношение значительное опережение темпов социальной трансформации относительно способности науки находить возможность решения возникающих затруднений, число которых стремительно растет.

Становление феномена «опасного знания» может быть исследовано, по крайней мере, в трех взаимообусловленных аспектах.

Феноменология. Содержание понятия «опасного знания», его общие и специфические проявления в жизни современной цивилизации. Восприятие феномена «опасного знания» менталитетом и его отражение в поведенческих модусах современного социума.

Эволюционная эпистемология. Когнитивные механизмы возникновения и пролиферации «опасного знания» в социокультурной эволюции человека.

Социальная этика. Эволюция этических и культурных парадигм современной цивилизации как проявление трансформации адаптивной стратегии человечества в ответ на расширение сферы действия «опасного знания».

Ниже мы попытаемся проанализировать все эти стороны проблемы, вынесенной в заголовок настоящего исследования.

ФЕНОМЕНОЛОГИЯ И ОНТОЛОГИЯ «ОПАСНОГО ЗНАНИЯ»

«Кто в эту книгу заглянет,
Того крылатый ужас унесет».

Гилберт Кит Честертон

В соответствии с классическим определением, данным Р. В. Поттером¹, **опасным знанием** может быть признана полученная в ходе научных исследований информация о человеке и окружающем его мире, негативные последствия применения которой общество на данной фазе своего развития не способно эффективно контролировать. Иными словами, **опасное знание – предпосылка возникновения и источник социального риска**².

Феноменологически к проявлениям опасного знания можно отнести те научные концепции, которые сопряжены со следующими типами социального риска.

1. Увеличение потенциальной или актуальной вероятности техногенных катастроф, обусловленных человеческим фактором – ошибками обслуживающего персонала или не просчитанными последствиями практического использования новых технологий, созданных вследствие развития фундаментальной науки (классический пример – Чернобыль, Бхопал и т. п.).
2. Создание технологий массового уничтожения (пример – биологическое и генно-технологическое оружие), используемых в военных целях и не контролируемых достаточно эффективно существующей в настоящее время системой коллективной безопасности.

¹ Поттер Р. В. Биоэтика: мост в будущее.– К.: Вадим Карпенко, 2002.– С. 86.

² Анализ понятия «социальный риск» в применении к современной техногенной цивилизации см.: Бек У. Общество риска.– М.: Прогресс-Традиция, 2000.– 384 с.

3. Юридически «несанкционированное» использование тех же самых технологий в целях устрашения (в том числе – биотерроризм и т. п. явления, грань между которыми и так называемым «легитимным» использованием во время военных действий, с точки зрения автора, не слишком четкая).
4. Возрастание социальной нестабильности вследствие столкновения доминирующих в обществе ментальных установок со вновь обнаруженными научными теориями и фактами, особенно в случае дифференциальной реакции на последние со стороны различных социальных (этнических, расовых, конфессиональных, политических) общностей. В частности, *любая научная теория, способная разрушить доминанту индивидуальной свободы – один из несущих стержней системы ценностей и ментальных установок техногенной цивилизации, является для нее (Западной цивилизации) источником риска и, следовательно, – «опасным знанием».*

Как показывает семантический анализ, опасным знанием могут быть признаны следующие результаты научно-исследовательских разработок:

- полученная в ходе научных исследований информация о человеке и окружающем его мире, результаты технологического использования которого общество в настоящее время не может предвидеть и/или эффективно контролировать;
- научные концепции, которые вступают в конфликт с ментальными установками, этическими нормативами и отражающими их постулатами идеолого-политических доктрин и религиозных учений, являющихся базисными для данного типа цивилизации;¹

¹ Еще в XIX в. культурно-психологическую составляющую «опасного знания» чрезвычайно эмоционально прочувствовал Николай Страхов, выведивший ее из ограниченности индуктивно-эмпирической методологии естествознания: «Сколько бы ни искал человек истины, как бы строго ни наблюдал действительность, как бы долго ни уяснял свои понятия, новый факт, по учению эмпиризма, может ниспровергнуть все это до основания. Но ведь есть дорогие убеждения, есть взгляды, определяющие для нас достоинство и цель всей жизни.

- основанные на научных разработках технологии, открывающие принципиальную возможность целенаправленного и широкомасштабного вмешательства человека в собственную биологическую природу (реконструкция генома *Homo sapiens*), поскольку характер и направление эволюции современной культуры человека связаны генетической преемственностью с предшествующей биологической эволюцией. Диалектика социальной эволюции человека впервые создает ситуацию ее возвращения на стадию биологической макроэволюции – перерастания социальной дифференциации в биосоциальную, а последней – в биологическую дивергенцию (**экзистенциальный риск** – дезинтеграция исходного биологического вида с образованием нескольких новых таксонов перманентно возрастающего ранга).

Таким образом, научное открытие вступает во взаимодействие – как вновь обнаруженные факты и теоретические постулаты – с ментальными и как технологическая инновация – с материальными структурами.

В результате может нарушиться стабильность существующих социо-политической и социо-экологической систем и начаться их адаптивная реконструкция. Это означает возрастание политической значимости соответствующих научных дисциплин и, следовательно, возрастание аксиологических и политических производных научной теории. Однако *опасным научное знание становится тогда и только тогда, когда инициированные им трансформации выходят за пределы адаптивной нормы, т. е. за границы способности общества к адаптивному ответу – социальному действию.*

Невозможность социального действия приводит к двум альтернативным вариантам социально-политического ответа.

Неужели же и за них люди осуждены навеки бояться? Если наши понятия вполне связаны с какими-нибудь совершенно частными явлениями, с известным местом или временем, то положение человека, искренне желающего руководиться истиной, было бы жестоко» (Страхов Н. Н. О вечных истинах. Мой спор о спиритизме.– СПб., 1887.– С. 100).

Игнорирование социального риска: все, что находится за рамками возможного социального действия, «воспринимается как квазиестественное ограничение или идеологически представляется таковым, с тем чтобы предотвратить критику политических действий за их недостаточность»¹.

Политический контроль репликации и пролиферации «опасного знания». Осознание социального риска, проистекающего из развития определенных научных дисциплин, теорий² или методов, и как следствие, прогрессирующая политизация науки, развивающаяся из прямой или неявной селекции тематики научных исследований. Критерием отбора в конечном счете, становится прогноз последствий для уже сложившихся социоэкологических систем различного уровня сложности и возможность или невозможность интеграции научной теории в систему доминирующих в социуме на данный момент базовых ценностных приоритетов.

Первый из представленных здесь сценариев рассматривался В. Ван Ден Деле и П. Вайнгартом³, второй У. Бекком⁴. Все они подчеркивают, что принимаемое политическое решение относительно развития конкретной научной проблемы определяется в конечном счете самой наукой – выводами интегрального анализа ею собственной эволюции и социальной значимости (рефлексивного онаучивания – по Ульриху Беку). Однако результаты такого анализа рассматриваются уже в ином, отличном от научного – политическом, экономическом и т. п. поле.

Вследствие неизбежных искажений в каналах информационного обмена восприятие конкретных научных достижений как социально опасных не обязательно соответствует действительной ситуации. Общественное мнение может считать опасным те теории, методы ис-

¹ Страхов Н. Н. О вечных истинах. Мой спор о спиритизме.– СПб., 1887.– С. 100.

² Ван Ден Деле В., Вайнгарт П. Сопrotивление и восприимчивость науки к внешнему руководству: возникновение новых дисциплин под влиянием научной политики <http://courier.com.ru/pril/posobie/weing>

³ Бек У. Общество риска.– М.: Прогресс-Традиция, 2000.– 384 с.

⁴ Там же.

следования, технологии, которые на самом деле таковыми не являются, и наоборот, не заметить то, что реально создает ситуацию риска.

Из приведенных рассуждений следуют три существенных для последующего анализа вывода:

- 1) чем больше социальные и политические процессы опираются на науку, тем более ее последующее развитие становится коррелятом вызванных ею социально-экологических трансформаций;
- 2) дестабилизирующее влияние «опасного знания» на социоэкологическую систему связано как непосредственно с его содержанием, так и с выходом уровня катастрофического сознания за пределы адаптивной нормы.
- 3) поворотный пункт в превращении конкретной области исследований в «опасное знание» – это не столько установление посредством научного анализа факта сопряженного с ним социального риска, сколько формирование доминирующего социально-психологического имиджа, становящегося в свою очередь фактором, определяющим вектор дальнейшей социо-политической эволюции.

Социоэкономические и социополитические последствия трансформации науки в «опасное знание»

«Опасное знание» коренным образом меняет ориентацию векторов социоэкономического и социополитического развития в сфере своего влияния.

Возрастает степень правовой регламентации научно-исследовательской и предпринимательской активности. Формируется административно-бюрократический аппарат, призванный контролировать теоретические разработки и прикладное использование «опасного знания».

Возникают социально-политические группировки и движения консервативно-алармической ориентации, стремящиеся привлечь внимание общественности к социальным рискам (подлинным или виртуальным) конкретных технологических воплощений «опасного знания».

В сфере притяжения «опасного знания» претерпевает серьезные изменения структура предпринимательской и производственной деятельности. Прежде всего, пропорции государственного и частнопредпринимательского секторов экономики смещаются в сторону последнего, поскольку запретительные меры в отношении движения капиталов и инновационные вливания в этом случае значительно менее эффективны.

По тем же причинам научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки вытесняются в «тень», где потенциально могут оказаться и государственные (секретные военные разработки) и частные предприятия (организованная преступность, терроризм). В социумах с устоявшейся институциональной структурой, отличающейся высоким уровнем социополитического гомеостаза, удельный вес этого фактора относительно невелик. Для стран с переходным типом социоэкономической и политической организации, находящихся в состоянии перехода («зона бифуркации»), где наблюдается формирование нескольких альтернативных социополитических и социоэтических структур, такая ситуация оказывается достаточно опасной с точки зрения развития общества по деструктивному сценарию – росту коррупции, сужению правового поля *de facto*, а затем и трансформация теневых экономических структур в политические, их вращение в сферу образования, науки, здравоохранения и т. д. Все эти явления уже наблюдаются на постсоветском геополитическом пространстве. Законный «импорт» и нелегитимная «контрабанда» современных технологий, проникновение новых научных знаний в необладающее адекватным уровнем духовной культуры общество еще более их активизирует.

Политизация областей исследовательской активности после признания их разновидностью «опасного знания» прогрессирует в направлении от прикладных к теоретическим и фундаментальным разработкам.

Возникают и распространяются новые идеологические или религиозно-мистические концепции, модифицирующие доминирующие в социуме системы ценностных приоритетов путем рационального или иррационального обоснования необходимости или желатель-

ности тех научных направлений и технологий, которые признаны в социуме источником повышенного социального риска. (Получившая наибольшую известность и влияние в начале XXI в. секта праэлинов утверждает, что клонирование человеческих существ есть воплощение замысла инопланетной цивилизации, уже применившей эту технологию для создания разумной жизни на Земле. В соответствии с праэлинской доктриной человечество является потомками клонированных инопланетян.) Остальная часть человечества часто воспринимает деятельность исповедующих новые учения сект как чрезвычайно эпатажную. Отметим, однако, что новая идеология служит поддержкой принципу технологического императива.

Возможно, появление и усиление такого рода идей и движений служит предвестником новых ментальных доминант и этических приоритетов. Однако безоглядная пропаганда социально рискованных технологий в настоящее время ассоциируется с маргинальными социальными общностями и политическими группировками. Сдерживание техногенных социальных рисков, а следовательно, и разветвления «опасного знания», утвердившись первоначально в умонастроении подавляющей части избирателей стран Запада, в настоящее время все более становится доминирующим элементом ментальности политической элиты. Таким образом, эта установка становится фактором не только социоэкологической коадаптации, но и социополитического и социоэкономического гомеостаза, условием стабилизации и устойчивости политической организации общества.

Изменение эпистемологической ситуации, связанное с генезисом «опасного знания», проявляется и в следующем – объективно-безличностные и субъективно-этические, ценностные элементы в «ткани» теоретических конструкторов оказываются сплавлены в некую целостность. Критерии и методология оценки степени «внешнего оправдания» (соответствия чувственному опыту) и «внутреннего совершенства» (логической стройности и непротиворечивости) утрачивают четкость, методология познания и построения теоретических концептов в естественных и гуманитарных науках конвергируют.

Мы наблюдаем социально обусловленное расслоение единого процесса научного познания на два автономных по своим социальным функциям потока:

- I. Первый поток (собственно *«опасное знание»*), отвечает общему вектору эволюции техногенной цивилизации – преобразованию мира соответственно идеальному образу желательного будущего. Инструментом осуществления таких преобразований в силу своей прогностической функции выступает объективное, т. е. научное знание.
- II. Второй поток научного познания (*«предупреждающее знание»*¹) предназначен для выявления и расчета рисков, порождаемых «научно-техническим прогрессом», т. е. «опасным знанием».

Эта особенность современной науки коренным образом отличает ее от науки предшествующих стадий эволюции техногенной цивилизации – до ее перехода в эпоху информационных технологий.

Отношения между обоими составляющими научного познания асимметричны. Приращение «опасного знания» необходимо для развития «знания предупреждающего», но последнее само по себе существовать не может – фактический материал для научного прогресса в этой области поставляет его партнер. «Опасное знание» выступает в качестве автокатализатора собственного прогресса, и катализатора «предупреждающего знания». Последнее, ингибируя поступательное развитие «опасного знания», лишает себя базы для собственного приращения.

Чрезмерный потенциал «опасного знания» грозит кризисом, а затем и саморазрушением техногенной цивилизации, чрезмерное развитие «предупреждающего знания» – приведет к стагнации техногенной цивилизации, лишает ее адаптационной пластичности.

Высокий и постоянно растущий статус идеи контроля и регулирования негативных последствий «научно-технологического

¹ Грани глобализации. Трудные вопросы современного развития.– М.: Альпина Пабlishер, 2003.– С. 13, 276, 255 – 288.

прогресса» одновременно повышает и вероятность перерождения политических партий и общественных организаций, социальных и предпринимательских структур, эксплуатирующих такого рода идеи. В настоящее время их благосостояние все более определяется уровнем тревоги в обществе. Доход, извлекаемый из активизации проявлений катастрофического сознания, превращает их в «социального паразита», спекулирующего на побочных отрицательных последствиях научно-технического прогресса, сделавшего их источником собственного благополучия. Конкурирующие компании и фирмы активно используют сложившийся в обществе отрицательный имидж определенных технологий как орудие конкурентной борьбы, средство рекламы и антирекламы. В результате «опасное знание» может превратиться в новую разновидность социотехнического мифа современной культуры.

Гипотеза «скользящего склона»

Сторонники технологического детерминизма, отстаивая необходимость развития и безопасность того или иного вида технологий, часто выдвигают следующий аргумент. Данная технология является перспективной и не может рассматриваться как «опасное знание», поскольку основана на использовании широко распространенных в природе процессов и явлений, а посему подобные технологии должны рассматриваться как естественные, безопасные (см. часть I настоящей книги).

При более детальном анализе этот довод, однако, оказывается не столь уж логически неопровержимым, как кажется его авторам. Он исходит из неверной логической посылки. Человек не в силах создавать новые законы природы, действующие в доступной ему Вселенной. Но он может менять условия их осуществления с тем, чтобы добиться поставленной цели. Именно это – рационализированное изменение условий действия законов природы, протекания естественных процессов – составляет суть науки и технологии. А следовательно, любой вид технологии (включая наиболее «нестественные» с точки зрения современного общественного мнения) основывается на природных процессах и явлениях, в той или иной степени составляющих основу человеческого бытия. (Этот

тезис можно считать одним из следствий постулата, известного в философии как «*антропный принцип*».) Жизнь на Земном шаре существует благодаря фотосинтезу, в основе которого лежит усвоение зелеными растениями солнечной энергии, а ее «естественный» источник – термоядерные реакции в недрах Солнца. Природная радиоактивность земной коры и космических лучей – важнейший источник мутационной изменчивости – материала для прогрессивной биологической эволюции. Но «естественность» радиохимических реакций не предотвратила ни Хиросимы, ни Чернобыля. Источник экологических и социальных катастроф – возникновение особой комбинации (естественной, или созданной человеком) условий протекания естественных процессов, а не сами эти процессы.

Феноменологической особенностью развития «опасного знания» оказывается перманентная эскалация социальных рисков, параллельная возрастанию «господства Человека над Природой».

Описание этого феномена еще в позапрошлом столетии дал Фридрих Энгельс: «Не будем, однако, слишком обольщаться нашими победами над природой. За каждую такую победу она нам мстит. Каждая из этих побед имеет, правда, в первую очередь те последствия, на которые мы рассчитывали, но во вторую и третью очередь – совсем другие, непредвиденные последствия, которые очень часто уничтожают значение первых»¹. Эта цитата приводилась в советской литературе настолько часто, что оказались стертыми обнаженные в ней с жесткой последовательностью и логической неизбежностью причинно-следственные связи социального и экологического кризисов со стратегией технократического конструктивизма.

В западной философской и социологической литературе эта модель получила название концепции «скользкого склона (*slippery slope*)». Пешеход, оказавшийся на крутом скользком склоне, внезапно утрачивает контроль над ситуацией. Малейшая случайная ошибка приведет к падению. Результат – либо он впадает в состояние ступора, не имея возможности сделать ни одного шага, либо затрачивает все большие и все менее эффективные усилия, чтобы

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 20, с. 495 – 496.

сохранить равновесие, которые в конце концов переходят в неуправляемое движение к основанию склона.

Так развитие ситуации выглядит для неучаствующего в событиях наблюдателя «со стороны». Но для самого путника, воспринимающего их с точки зрения собственного движения к поставленной цели вопреки сопротивлению враждебной силы, все представляется несколько иначе. Лучше всего его восприятие собственных действий подходит под шахматный термин *цугцванг* – цепь последовательных действий, каждое из которых причинно обусловлено предыдущим и базируется на акте безальтернативного выбора. Каждый шаг предпринимается как результат основанного на линейной экстраполяции поведения нелинейной неравновесной системы: Ошибки постепенно накапливаются, и утрата равновесия становится необратимой¹.

Иными словами, в соответствии с моделью «скользящего склона» (цугцванга) фундаментальной характеристикой опасного знания является запуск лавиноподобно развивающихся процессов изменений параметров социоэкологической системы, начинающийся в ответ на минимальный начальный импульс.

В математической теории катастроф² необратимые нарушения устойчивости системы (аттрактора) могут происходить, в частности, в результате столкновения с другим неустойчивым аттрактором.

Условием взаимодействия стабильного и развивающегося аттракторов является, очевидно, их существование в едином фазовом пространстве, т. е. зависимость и влияние на одни и те же параметры. Также очевидно и другое – конкретный сценарий развития отношений между ними зависит от соотношения скоростей эволюционных преобразований каждого аттрактора и их относительной мощ-

¹ Этому выводу можно дать социоэкологическую интерпретацию: «Прибегая к одностороннему регулированию параметров своего будущего, люди вместе с тем переводят в состояние неопределенности систему окружающей среды, делают ее динамику непредсказуемой и экологически опасной» (Кисельов М. М., Канах Ф. М. Національне буття серед екологічних реалій.– К.: Тандем, 2000.– С. 157).

² Арнольд В. И. Теория катастроф.– Изд. 3-е, доп.– М.: Наука, 1990.– 128 с.

ности. Коллизии между культурно-психологическими и научно-технологическими парадигмами обычно разворачиваются между экстремальными вариантами.

1. **«Скользкий склон»** – доминирует технологический императив («все, что не противоречит научной теории и осуществимо технически, будет реализовано»); конечная стадия – замена доминирующих ментальных стереотипов, социально-этических приоритетов и поведенческих модусов.
2. **«Политизированная наука»** – вненаучные социально-политические стереотипы становятся основными критериями отбора научных направлений, концепций, школ, профессионального успеха и социального статуса отдельных членов научного сообщества, автономия науки социального института подвергается эрозии.

Одним из главных претендентов на роль иницилирующего процесс разрушения социокультурного и социополитического гомеостаза, развивающегося по схеме цугцванга, выступают генные технологии и фундаментальная генетика. Это справедливо как для публикаций в средствах массовой информации, так и для высказываний экспертов и государственных деятелей Запада¹.

Алгоритм заранее преформированных «шагов» коэволюции науки, технологии и социума можно реконструировать следующим образом (табл. 4). Итак, в соответствии с этим сценарием процесс разрушения человеческой цивилизации инициируется внедрением генетических технологий в клиническую практику, которое постепенно, шаг за шагом, ведет к эрозии этического и культурного фундамента современной цивилизации и завершается утратой человечеством собственной генетической идентичности, распадом на несколько самостоятельно эволюционирующих видов.

¹ См. напр.: Thompson B., Harrub B. Human cloning and stem-cell research sciences slippery slope // Reason and Relevation.– 2001.– No 8, 9, 10. Излагаемая в этой статье негативистская и крайне алармистская точка зрения на проблему клонирования в целом дает адекватное представление об отношении христианских конфессий к перспективам прикладного использования методики клонирования человека в любых, в том числе терапевтических, целях.

При всей очевидной фантастичности такого сценария ментальные и культурные предпосылки и ограничения разнообразия существуют уже сейчас и диагностируются даже при поверхностном социологическом исследовании. Приведем только два факта, которые можно рассматривать как эмпирические доказательства подобного вывода.

Факт первый. Американская супружеская пара (белый и афро-американка), страдавшая бесплодием, обратилась в клинику с просьбой провести операцию искусственного оплодотворения. Супруги поставили неременное условие: ребенок должен родиться белым. Мотивация: «так ему будет легче жить».

Факт второй. Несколько ассоциаций слепых и глухих выступают против разработки методов генотерапевтического лечения наследственных патологий. Иначе это приведет к гибели их субкультуру, их специфическую систему ценностей. Известен случай, когда **слепые** будущие **родители** просили **ослепить их еще не родившегося ребенка** в утробе матери: *«Мы не хотим, чтобы он был одним из вас. Мы хотим, чтобы он был одним из нас, остался в нашей семье, в нашем сообществе. В нашем мире, о котором вы ничего не знаете, не хуже, чем в вашем!»*¹.

Итак, основа для реализации негосударственной, основанной на самостоятельном, не контролируемой государством, евгенической программы, так сказать, «евгеники домашнего разлива»², в западном менталитете уже сформировалась. А значит, разрыв в описанном выше апокалиптическом сценарии возможен только в двух случаях.

- **Техническая невозможность реализации одного из этапов.** Однако, абсолютная неосуществимость какой-либо технологической схемы представляется крайне маловероятной. Скорее можно говорить о более или менее длительном эф-

¹ Тищенко П. Д. Цит. соч, с. 54.

² Выражение Роберта Райта цит. по: Тищенко П. Д. Цит. соч, с. 54; Paul D.B., Falk R. Scientific Responcibility and Political Context: The Case of Genetics under Swastika // Biology and Foundation of Ethics.– Cambridge: Univ. Press, 1999.– P. 257 –275.

фекте торможения, связанном с поиском способов достижения поставленных целей.

- Наличие *ментального коррелята соответствующих поведенческих стереотипов, достаточно мощного, чтобы канализировать вектор научно-технического развития в границах, согласующихся с действующей системой этических приоритетов.* Стабильность социально-гомеостатического механизма обеспечивается конкуренцией с предсуществующими альтернативными ментальными установками.

Таблица 4

Экстремальный сценарий развития социальных последствий развития генных технологий.

1. Генодиагностика	2. Генотерапия	3. Репродуктивные технологии	4. Организмы с модифицированным геномом
↓ 1	↓ 2	↓ 3	↓ 4
1.1. Выявление причинной или коррелятивной связи между конкретными признаками (не обязательно – патологическими) и наличием определенных нуклеотидных последовательностей в геноме их носителей. Их широкое практическое использование позволяет выявить членов разнообразных групп риска и наоборот – членов социальных, профессиональных и прочих элит	1.2. Генотерапия соматических клеток позволит исправлять дефекты генома, обуславливающие или существенно повышающие риск развития различных патологий. Прямого вмешательства в состав генофонда человека еще не происходит, однако величина генетического груза будет постепенно возрастать, из-за ослабления давления отбора. Отсюда создается благоприятная социальная среда для распространения	1.3. Пересмотр ригористической политики в отношении абортотерапии создает благоприятную социальную среду для более быстрого прогресса в области эмбриологии человека и репродуктивных технологий	1.4. Генетическая инженерия сделала возможным резкое ускорение селекционного процесса в отношении хозяйственно важных признаков

1	2	3	4
<p>2.1. Широкое использование (<i>de jure</i> или <i>de facto</i>) генетических тестов в сферах профориентации, трудоустройства и медицинском страховании, что приведет к</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>2.2. Генотерапии половых клеток, позволяющей устранить из генофонда генетические детерминанты наследственных патологий</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>2.3. Разработка методов оплодотворения <i>in vitro</i> создает предпосылки для получения большого количества человеческих эмбрионов и диагностики создания методик клонирования, получения эмбриональных стволовых клеток и предимплантационной диагностики в терапевтических и генотерапевтических целях</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>2.4. На следующем этапе стало возможным создание организмов с несущим в природе набором наследственных признаков</p> <p style="text-align: center;">↓</p>
<p>3.1. Ограничению действия принципа равных стартовых возможностей – одного из базисных положений доктрины прав человека</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>3.2. Все большее число лиц будет прибегать к генодиагностике и генотерапии для обеспечения им лучших шансов в достижении более высокого социального статуса (интеллект, физическая выносливость, быстрота реакции, сексапильность и т. д., и т. п.)</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>3.3. Возникает проблема «ребенок (эмбрион) на запчасти» – оплодотворение, инициация развития человеческого эмбриона и рождения ребенка в целях лечения третьих лиц</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>3.4. Как следствие ожидается разрушение гомеостатических экосистем биосферы и необходимость их замены искусственно регулируемой технобиосферы, а также снижение уровня биологической адаптации человечества (увеличение числа аллергических заболеваний и т. п.)</p> <p style="text-align: center;">↓</p>
<p style="text-align: center;">4. Евгеника и генетическая дивергенция</p> <p>Вследствие кумулятивного действия предыдущих стадий начинается процесс перманентной адаптации генома человека к новым условиям социальной и экологической среды</p>			

Окончание табл. 4

<p>5.1. Высокая стоимость генно-технологических манипуляций по улучшению генома приведет к расслоению генофонда человечества на несколько коррелятов с уровнем дохода</p>	<p>5.2. Одновременно будет расти количество людей, прибегающих к генотерапии в целях увеличения шансов вхождения в профессиональную или социальную элиту</p>
<p>6. На завершающей стадии происходит утрата человечеством собственной генетической идентичности и его прогрессирующая дивергенция на несколько самостоятельно эволюционирующих видов</p>	

Концепция «эволюции, управляемой человеком» основывается на некоей стратегии выживания человечества. Исходными постулатами этой доктрины являются два:

- 1) наша судьба – в наших генах;
- 2) наши гены – в наших руках.

Если действие иных факторов – ментальных и социокультурных – считать константным, то последующая эволюция человека определяется лишь балансом между нашими современными представлениями об индивидуальном и общем благе, с одной стороны, и технической возможностью ее осуществления – с другой. Будущее человечества и будущее Разума оказываются достаточно жестко запрограммированными технологическими возможностями и системой ценностных приоритетов. Но если исходная бинарная связка постулатов справедлива, то и система приоритетов и конечная цель вмешательства человека в свою биосоциальную природу будут меняться вместе с ними. «Эволюция, управляемая человеком», теряет свою телеологичность движения к «пункту омега» и вновь приобретает черты открытого процесса. Траектория этого процесса на отдельных участках может описываться посторонним наблюдателем как «стохастический дрейф».

Как показывает приведенный выше анализ структуры менталитета, последний обладает достаточно мощным гомеостатическим

потенциалом. Следует, однако, учесть, что пролиферация новой научной теории в массовое сознание сопровождается формированием в последнем синергетических конструкций, создающих, в свою очередь, благоприятную для новых технологий социально-экологическую нишу. По иному, например, трудно объяснить, почему техническая неэффективность предлагаемых в начале XX в. евгенических программ стала очевидной только *post factum*, хотя необходимые теоретические предпосылки для ее обнаружения были в наличии уже тогда. Рискнем сделать общий вывод: либеральная концепция свободного выбора предусматривает отсутствие юридического или административного принуждения; в условиях возросшего риска необратимых решений, проистекающих из считающихся научно-обоснованными рекомендаций, ее уже нельзя признать достаточно эффективной. Требуется достаточно взвешенная и толерантная система этических приоритетов, стабилизирующая устойчивость и преемственность развития современной культуры. Иными словами, биополитика и биоэтика оказываются взаимодополняющими, синергетически кумулятивно действующими элементами социокультурного гомеостаза.

Можно ли в настоящее время оценить величину потенциального риска, создаваемого генетикой и генными технологиями, для западной цивилизации? Можно ли расчленить этот риск на отдельные составляющие и вычислить их относительное значение? И наконец, как соотносятся степени опасности генетики и генных технологий, определенные на основе экспертных оценок и социологических исследований общественного мнения? Эти три проблемы будут предметом нашего анализа, который в следующем разделе по необходимости перейдет из сферы методологии и эпистемологии в поле социологии науки.

ГЕНЕТИКА И ГЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК «ОПАСНОЕ ЗНАНИЕ». СОЦИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

«Мы думали, наша судьба нисходит к нам со звезд, На самом деле наша судьба
записана в наших генах».

Джеймс Уотсон, лауреат Нобелевской премии, 1997 г.

В триаде наука – менталитет – политическая ситуация наиболее консервативным элементом является ментальность. Поэтому, как правило, конфликт науки и политики проистекает из расхождения между действительным содержанием научной концепции и ее имиджем в массовом сознании. Этот разрыв приближается к опасному порогу в период научной революции, особенно при условии параллельно существующей социальной нестабильности. В истории генетики такими периодами были становление менделевской генетики (первая треть XX в.) и рождение генно-инженерных технологий генетического анализа и скрининга.

Действительно, генетика в первые 50 лет своего существования доказала свою причастность к глобальной эволюции человечества как в позитивном, так и в негативном смысле, а следовательно – и потенциальную возможность своей трансформации в политизированную науку, и в собственно «опасное знание». Оба этих феномена, как показывает история «мичуринской генетики» в бывшем СССР и «расовой гигиены» в нацистской Германии (а в менее экстремальном варианте – и в евгенических программах США и скандинавских стран), эволюционно взаимосвязаны, хотя связь эта носит, если можно так выразиться, нелинейный характер. Однако не как локально исторический феномен в жизни отдельных стран, а как закономерность, имеющая глобальное философское социальное значение, этот аспект развития генетики стал рассматриваться в последней четверти XX в. – с возникновением генетической инженерии как теоретической основы различных типов генетических технологий.

Генетическая инженерия, таким образом, составляет теоретическую и методологическую основу разработки отдельных типов

генных технологий в различных сферах современного производства – от медицины и сельского хозяйства до криминалистики, педагогики или военного дела.

Экспертные оценки перспектив и риска развития генетических технологий. Текстологический анализ

Генетическую инженерию можно определить как теорию анализа молекулярно-функциональной организации и реконструкции генома с целью создания организмов с заранее запланированным набором признаков. К инструментально-методическому аппарату генетической инженерии можно отнести:

- выделение из клетки отдельных генов и надгенных структур (индивидуальных хромосом и/или их фрагментов, клеточных ядер);
- синтез генов вне организма;
- копирование и размножение (*молекулярное клонирование*) выделенных или синтезированных генетических структур;
- целенаправленную перестройку выделенных генетических структур;
- перенос и интеграцию генов и их структурных элементов в геном иного организма (*трансгеноз*);
- объединение и интеграцию нескольких геномов, принадлежащих разным организмам в одной клетке, минуя обычный половой процесс (*соматическая гибридизация*).

Наиболее разработанными в методическом отношении генетическими технологиями, перспективы использования и сферы применения которых в настоящее время уже обозначились, можно считать:

создание *организмов с модифицированным геномом*, т. е. имеющих набор генов, отсутствующий у любого реально существующего биологического вида¹, в частности, применительно к человеку;

¹ Например, сортов картофеля, в геном которого введены гены «тюрингенской бациллы», определяющей синтез токсина, смертельного для насекомых и других членистоногих, но безвредного для позвоночных животных и человека. Такие сорта не поражаются колорадским жуком.

генотерапию – введение нормальных генов в клетки носителей генов наследственных болезней, в широком смысле слова – целенаправленная перестройка генома человека (последняя интерпретация часто встречается в СМИ, юридических и политических документах);

генодиагностику (генетические тесты) – методы диагностики наследственной патологии, наследственной предрасположенности к определенным заболеваниям, генетически обусловленной реакции организма на конкретные лекарственные препараты и т. п., а также выявление носителей соответствующих генов, основанные на исследовании молекулярной структуры генома пациента. В расширенном толковании (распространено в тех же документах, что и приведенное выше, не вполне строгое толкование генотерапии) – методы обнаружения носителей любых генов, генотипов, наследственных признаков и т. п., основанные на изучении молекулярной структуры ДНК и РНК, белков, конкретных белков, отдельных хромосом и хромосомных наборов. Те же методы можно использовать и с целью генетической идентификации личности (**генетическая дактилоскопия**);

клонирование целого организма и его отдельных органов – получение совокупности генетически идентичных клеток или особей, происходящих от общего предка или соматической клетки путем бесполого размножения. Как и в предыдущих случаях, зачастую имеет место расширенное толкование – воссоздание конкретной особи с использованием генетической информации молекул ДНК, выделенной из живых организмов или их останков.

Для экспертов-естествоиспытателей и технологов, как уже говорилось, характерно редуцировать проблему техногенного риска к вопросам техники безопасности и технологической надежности мер безопасности. В соответствии с технологической концепцией исчисление величины, например, генно-технологического риска, должно подчиняться одному из двух альтернативных методологических принципов¹.

¹ Вельков В. В. Оценка риска при интродукции генетически модифицированных микроорганизмов в окружающую среду // *Агрехимия.*– 2000.– № 8.– С. 76 – 86; Вельков В. В. На пути к генетически модифицированному миру // *Человек.*– 2002.– № 3.

«Экспертиза продукта»: производится оценка степени риска продукта, а не технологии. Определение величины опасности конечного продукта независимо от метода его получения (путем генной инженерии или традиционных технологий – гибридизации, мутагенеза, селекции). Если подвергаемый генетической модификации организм исходно не представлял собой источник повышенной опасности и конечный продукт генетической модификации сам по себе безопасен, то риск способа генетической модификации сам по себе во внимание не принимается.

«Экспертиза процесса (технологии)»: исчисление степени риска производится на основе определения опасности каждой отдельной стадии его модификации и процесса в целом. Эта методология стала базисным принципом двух основных юридических документов, регламентирующих международное сотрудничество в этой области – «Кодекса добровольно принимаемых правил, которых надлежит придерживаться при интродукции (выпуске) организмов в окружающую среду»¹ и «Протокола по биобезопасности»².

Первая методология принята в США, вторая – в Евросоюзе. В соответствии с точкой зрения критиков технология исчисления риска, ориентированная на процесс, не имеет разработанной методики исчисления риска, излишне регламентирует научно-исследовательские и технологические разработки, чем создает предпосылки неоправданного роста бюрократического аппарата и условия для развития эффекта торможения наиболее перспективных областей науки, технологии, экономики. Американский эксперт в области биотехнологии Г. Миллер в своих статьях охарактеризовал европейскую стратегию контроля «опасного знания» в этой области как «бюрократическую бомбу с часовым механизмом»³, «разрушительную для науки и экономики XXI века»⁴.

¹ Кодекс добровольно принимаемых правил, которых надлежит придерживаться при интродукции (выпуске) организмов в окружающую среду // Микробиология.– 1993.– Т. 62, № 2.– С. 367 – 374.

² <http://www.biodiv.org/biosafe/BIOSAFETY-PROTOCOL.htm>.

³ Miller H. I. Is the Biodiversity Treaty a Bureacratic Time Bomb? Hoover Institution on War, Revolution and Peace.– Stanford University, 1995.– 11 p.

⁴ Miller H. UN-based biotechnology regulation: scientific and economic havoc for the 21st century // Trends in Biotechnology.– 1999.– Vol. 17.– P. 185 – 190.

В свою очередь методология оценки риска, ориентированная на продукт, по мнению ее противников, означает проведение экспериментов в открытой среде без анализа всех возможных социэкологических последствий, в том числе – необратимых. Неявным образом в доводах и контрдоводах, в общем эмоциональном имидже прослеживается опора американской стратегии на приоритет естественнонаучной и европейской – социогуманитарной составляющей оценки технологического риска.

В любом случае анализ тех технологических перспектив, которые обещает развитие генетической инженерии, позволяет сделать вывод о ее превращении в наиболее мощный из всех когда-либо изобретенных человеком со времени неолитической революции инструмент «преобразования природы».

Потенциальные сферы применения генных технологий охватывают большую часть глобальных проблем, которые стоят перед человечеством в настоящее время или могут возникнуть в будущем (табл. 5):

- приостановка и реабилитация деградирующей в результате производственной деятельности природной среды;
- разработка новых технологий энергетики, основанных (в отличие от традиционных) на использовании невозобновляемых энергетических ресурсов;
- контроль распространения в генофонде человечества генов, ответственных за развитие наследственных патологий, и лечение последних;
- перестройка генома *Homo sapiens* в соответствии с новыми требованиями, предъявляемыми состоянием его социэкологической среды обитания в настоящее время или в будущем;
- создание новых форм жизни, способных, в частности, обеспечить космическую экспансию человечества.

На основании текстологического анализа «объективных», т. е. принимающих в расчет только естественнонаучные и технические аспекты проблемы «опасного знания», высказываний и оценок экспертов-генетиков и биотехнологов можно нарисовать следующую

картину восприятия ими перспектив и опасностей генетических технологий.

Таблица 5

Возможные пути использования генетических технологий при решении глобальных экологических проблем¹

Проблема	Пути решений
1	2
<i>Деградация окружающей среды</i>	
Парниковый эффект (перегрев атмосферы из-за накопления углекислого газа)	Трансгенные микроорганизмы, поглощающие CO ₂ из атмосферы
Уменьшение количества плодородных земель, наступление пустынь	Почвенные трансгенные микроорганизмы, активно поглощающие воду из атмосферы
Загрязнение мирового океана и падение его продуктивности (мировой океан – основной генератор биомассы планеты)	Морские трансгенные микроорганизмы с повышенной продуктивностью биомассы
Снижение плодородия почв	Трансгенные микроорганизмы, повышающие плодородие почв
Загрязнение почв и водоемов	Трансгенные микроорганизмы, утилизирующие загрязнители (нефтепродукты, остатки пестицидов, др.)
Кислотные дожди	Трансгенные микроорганизмы, эффективно утилизирующие окислы азота
<i>Истощение источников энергосистем</i>	
Снижение нефтеотдачи скважин	Трансгенные микроорганизмы, уменьшающие вязкость нефти (расщепление длинных углеводородных цепей)
Исчерпание газовых месторождений	Трансгенные микроорганизмы, синтезирующие CO ₂ для повышения давления в скважине. Трансгенные водородные бактерии, водород как экологически чистое топливо

¹ Velkov V. V. Environmental genetic engineering: hope or hazard? // Current Science.– 1996.– Vol. 70, No 9.– P. 823 – 832.

Продолжение табл. 5

1	2
	Трансгенные растения, сверхсинтезирующие эфиромасличные соединения (горюче-смазочные материалы) Трансгенные деревья с быстрым накоплением древесины (топливо)
Проблемы исчерпания сырья	
Дефицит сырья	Трансгенные организмы, синтезирующие самораспадающиеся биопластики. Трансгенные микроорганизмы, синтезирующие каучук, шелк. Трансгенные деревья с пониженным содержанием лигнина для производства бумаги. Трансгенные микроорганизмы для обогащения руд
Повышение эффективности сельского хозяйства	
Недостаточное плодородие почв. Вредные насекомые	Трансгенные микроорганизмы как биоудобрения и биоинсектициды
Загрязнение среды	Трансгенные микроорганизмы для биоконверсии отходов сельского хозяйства
Возбудители болезней растений	Трансгенные микроорганизмы, уничтожающие фитопатогенов
Болезни сельскохозяйственных животных	Трансгенные микроорганизмы как живые вакцины для ветеринарии
Недостаточная продуктивность сельскохозяйственных растений	Трансгенные растения с повышенной пищевой и кормовой ценностью. Трансгенные растения, устойчивые к: стрессам, гербицидам, вирусам. Трансгенные растения, поражающие вредных насекомых. Трансгенные растения – продуценты вакцин (растительные съедобные вакцины). Трансгенные декоративные растения (флуоресцирующие цветы и др.)

1	2
Недостаточная продуктивность сельскохозяйственных животных	Трансгенные животные с повышенной продуктивностью биомассы и молока. Трансгенные животные как биореакторы, продуцирующие в молоке ценные белковые препараты. Трансгенные животные как доноры органов для трансплантации
Повышение эффективности производства пищи недостаточная эффективность технологий	Трансгенные микроорганизмы для молочной промышленности, пивоварения и виноделия
<i>Повышение эффективности здравоохранения</i>	
Малая эффективность вакцин, узкий спектр их действия. Трудность терапии генетических болезней	Трансгенные микроорганизмы как живые пероральные поливалентные вакцины. Трансгенные вирусы как векторы (переносчики трансгенов) для генетической терапии
<i>Контроль над наследственными заболеваниями и генетическими характеристиками человека</i>	
Трудность лечения наследственных заболеваний	Ранняя пренатальная молекулярная диагностика генетических дефектов и принятие решения о целесообразности продолжения беременности
Накопление в популяции людей с нежелательными генетическими характеристиками	Молекулярная диагностика нескольких эмбрионов, полученных вне организма, и выбор лучшего для дальнейшего развития в организме матери. Клонирование людей с желательными генетическими характеристиками. Получение трансгенных людей
<i>Создание принципиально новых форм жизни</i>	
Необходимость колонизации других планет и распространения жизни во Вселенной	Создание трансгенных организмов, приспособленных к суровым условиям и потребляющих необычные вещества
Возможное исчерпание потенциала эволюции биосферы Земли	Создание форм жизни, основанных на расширенном генетическом коде

Во-первых, в соответствии с достаточно широко распространенным среди тех же экспертов-естественников мнением «единственными принципиальными ограничениями возможностей генной инженерии являются или ограниченная фантазия генного инженера, или ограниченное финансирование. *Непреодолимых природных ограничений (как, например, в физике – невозможность достижения сверхсветовых скоростей) в генной инженерии, похоже, нет* – «...все позволено!»¹. Риск, связанный с реализацией тех или иных конкретных проектов, носит технический и преходящий характер.

Во-вторых, «прогнозируемые экономические и экологические выгоды от широкомасштабного применения генетически модифицированных организмов, очевидны, конкретны и довольно часто выражаются в миллиардах долларов. А опасения, что это может принести вред – неопределенны² и не основаны на реальном, объективном риске».

В-третьих, оценка общественным мнением опасностей развития генетики и генных технологий неадекватно завышена и представляет собой очевидный фактор торможения научно-технического прогресса, который только и может разрешить те кризисные явления, которые возникли в ходе предшествующего развития техногенной цивилизации. «...Риск был сильно завышен... За все время интенсивного и все расширяющегося применения генной инженерии (сейчас студенты осваивают генную инженерию на 3 – 4 курсе), так вот, во всем мире за 30 лет ни одного случая возникновения опасности, связанной с трансгенными организмами, зарегистрировано не было».³

И, наконец, последнее замечание. Взгляд на проблему интеграции генных технологий в социальную жизнь спроецирован здесь от естествознания и технологии к гуманизму и этике. В такой рационалистической и эмоционально нейтральной формулировке, максимально очищенной от этических оценок, влияние генных технологий как культуроформирующего фактора социальной эволюции

¹ Вельков В. В. На пути к генетически модифицированному миру // Человек. – 2002. – № 3.

² Там же.

³ Там же.

приобретает вторичную этическую компоненту – безусловно, позитивную. Но достаточно несколько изменить ракурс – и картина существенно изменяется. Сформулируем те же самые проблемы с точки зрения социальной антропологии и этики: «Сможем ли мы создать человека с желудком, как у коровы, переваривающим траву и сено, вследствие чего облегчится решение продовольственной проблемы, поскольку человек перейдет на потребление более низких звеньев пищевой цепи? Сможем ли мы биологически изменить рабочих так, чтобы их данные соответствовали требованиям работы, например, создать пилотов с многократно ускоренной реакцией или рабочих на конвейере, нервная система которых будет приспособлена для выполнения монотонного труда? Попытаемся ли мы уничтожить «низшие» народы и создать «суперрасу»? (Гитлер пытался это сделать, но без генетического оружия, которое может скоро выйти из наших лабораторий.) Будем ли мы клонировать солдат, чтобы они сражались вместо нас? Будем ли мы использовать генетическое прогнозирование для предупреждения рождения нежизнеспособного младенца? Будем ли мы выращивать для себя запасные органы? Будет ли каждый из нас иметь, так сказать, «банк спасения», полный запасных почек, печени и легких?»¹. Автора этого отрывка – американского социолога и футуролога Э. Тоффлера – обычно относят к «технологическим оптимистам», возлагающим основные надежды на преодоление кризисных и негативных тенденций современной цивилизации на «рациональную силу научно-технического прогресса, способного к самокорректировке и разрешению своих собственных противоречий»². Тем более показательна общая эмоциональная окраска его вопросов, создающая достаточно тревожный социально-психологический контекст развития новых наукоемких технологий.

Итак, коллизия технологический оптимизм *versus* технологический пессимизм отражает базисную дихотомию современной культуры науки о природе *versus* науки о духе. Там, где когнитивная модель

¹ Тоффлер Э. Третья волна.– М.: АСТ, 1999.– С. 249 – 250.

² Порус В. Н. Философия техники // Современная западная философия.– М.: Политиздат, 1991.– С. 344.

естествознания и технологии видит только решение, способное устранить конкретную угрозу, социология и этика обнаруживают проблему, зачастую – опасную. Это противоречие существовало на протяжении всей истории западной цивилизации, но только с рождением генно-инженерных технологий она приобрела, так сказать, судьбоносное значение для сохранения самоидентичности человечества.

В коммуникационном канале между естествознанием и социогуманитарными науками сталкиваются два потока информации, каждый из которых не является этически и эмоционально нейтральным: позитивно окрашенной информации, исходящей от естествознания и негативной – с противоположной стороны. Разорвать этот цикл вряд ли возможно и целесообразно. Он есть часть общего гомеостатического механизма, обеспечивающего стабильную и канализованную коэволюцию компонентов глобальной социоэкологической системы – ноосферы.

Образ генетики и генетической инженерии в массовом сознании. Результаты контент-анализа интернет-ресурсов

Перейдем теперь к социологической реконструкции образа генетики и генных технологий в массовом сознании. То, что генетическая инженерия имеет здесь устойчивый имидж «опасного знания» в доказательствах, пожалуй, не нуждается – достаточно беглого просмотра средств массовой информации, где в любой публикации об успехах и достижениях генетиков обязательно присутствует изрядная доза опасений и страхов «среднего гражданина», этими же успехами и достижениями вызванных¹.

¹ Позволим привести только одну цитату – в силу ее типичности и распространенности высказанных в ней суждений: «Успехи генной инженерии переводят человечество в новое состояние. Если из обычной клетки можно вырастить овцу, то можно вырастить и человека? А кем он будет – разумной запчастью? Големом без всякого подобия души? Или душу можно клонировать? А что принесет уже недалекая возможность оживлять динозавров и неандертальцев? А возможность оживлять каждого из нас? Генная инженерия бросила человечеству уникальный вызов» (Чернобров В. Генная инженерия – вызов богам // Вести. Версии.

Современные социология и социальная история разработали несколько методов анализа структуры ментальностей¹, к числу которых относится и так называемый контент-анализ – исследование частоты встречаемости устойчивых лексических конструкций². Мы попытались применить его к анализу сайтов Интернет, так или иначе связанных с темой, вынесенной в заголовок настоящего раздела.

Первая часть исследования (сентябрь 2001 г.) касалась англоязычных источников мировой сети. Итак, на момент проведения настоящего исследования поисковая система *Yahoo* выявила 1.290.000 *web*-страниц, в которых упоминается термин «генетика (*genetics*)». «Естествознание (*science*)» встречается в 19.600.000 *web*-страницах, а «биология (*biology*)» – в 2.250.000. Иными словами, биологические

События.– № 26 (056).– С. 8 – 9). Отметим только достаточно существенный разрыв между действительными возможностями генных технологий и их отражением в СМИ, а следовательно,– в сознании отдельного человека и всего общества. Этот разрыв уже сам по себе служит дополнительным источником и катализатором социально- политических конфликтов, в основе которых с точки зрения экспертов-генетиков и биотехнологов лежит комбинация недоразумения, непонимания и невежества. (Такое объяснение очень последовательно излагается известным российским генетиком Л. Корочкиным: В лабиринтах генетики // Новый мир.– 1999.– № 4.– С. 110 – 122.)

¹ Менталитет, ментальность – понятия достаточно многозначные. В настоящем исследовании под этими терминами будет пониматься совокупность психологических стереотипов и установок, характерных для данного индивидуума, социальной группы, общества в целом на данном этапе их исторической эволюции (индивидуального развития). Структура менталитета детерминирует эмоционально окрашенное восприятие реалий окружающего мира и модусы поведения, как активную реакцию на факты действительности. В центре нашего внимания будут те компоненты ментальности, которые претерпевают в настоящее время эволюционные трансформации, инициированные и направляемые взаимодействием элементов рационалистической духовной культуры (естествознания и, особенно,– биологии и генетики) и уже укоренившимися к этому времени в психике человека социобиологическими (по происхождению) константами.

² Миронов Б. Н. История в цифрах. Математика в исторических исследованиях.– Л.: Наука, 1991.– С. 8 – 14; Петрушенков С. П. Профанация синергетики: Интернет как зеркало мнимой угрозы // Практична філософія.– 2003.– № 1.– С. 94 – 104.

«ОПАСНОЕ ЗНАНИЕ» В «ОБЩЕСТВЕ РИСКА» (век генетики и биотехнологии)

исследования в массовом сознании ассоциируются в первую очередь именно с генетикой (табл. 6).

Таблица 6

**Место генетики в жизни современного человека
(контент-анализ сайтов Интернет)**

Тема	Число WEB-страниц	
	абсолютное значение	ассоциация лексических конструкций (%)
Наука	19 600 000	
Биология	2 250 000	
Генетика	1 290 000	
Генетика и сельское хозяйство	61 400	
Генетика и медицина	63 000	
Генетика и технология	148 000	
Генетика и общество	124 000	
Генетика и политика	130 000	
▪ политика и право	13 100	10
▪ политика и идеология	2 840	2
▪ политика и религия	27 900	15
▪ политика и этика	37 000	16
Генетика и этические проблемы	97 800	
▪ этика и религия	30 400	20
▪ этика и идеология	2 110	2
Генетика и религия	51 400	
Генетика и законодательство	19 900	
Генетика и права человека	75 100	
Генетическая дискриминация	29 100	
Генетика и идеология	4 640	
Генетика – риск	98 100	61
Генетика – опасность	8 470	5
Генетика – выгода	53 000	33

Наибольшее внимание общественности привлекают новые технологии (*technology*) и социальные проблемы (*community*), порожденные развитием генетики, которые достаточно далеко обошли традиционное понимание сфер практического приложения генетических знаний – медицину (*genetics+medicine*) и сельское хозяйство (*genetics+agriculture*).

Среди социальных проблем генетики по степени общественной заинтересованности выделяются, безусловно, политика (*genetics + + policy*) и этика (*genetics + ethics*) – 130.000 и 97.800 web-страниц соответственно, а также взаимоотношения генетики и генных технологий с религиозными учениями (*genetics+religion*) – 51.400. При этом наибольший резонанс получили вопросы соблюдения прав человека (*genetics+human rights*) и возможной дискриминации, связанной с получением информации о генетической конституции индивидуума (*genetics+discrimination*). Идеологические интерпретации достижений генетиков мало кого волнуют.

И все же влияние генетических теорий и созданных на их основе технологий вызывает больше тревоги (*danger and risks*), чем положительных эмоций, связанных с потенциальными выгодами (*benefits*) – 67 против 33 пунктов¹.

Иными словами, в массовом сознании лексические конструкции, включающие в себя в качестве элемента слово «экология» и его производные, имеют, в отличие от «генетики», безусловно, положительную эмоциональную окраску. Вероятно, этот факт отражает общее падение престижа науки в глазах современного человека, акцентирующего свое внимание на отрицательных сторонах «научно-технического прогресса» (в отличие от общественного сознания второй половины XIX века).

Необходимо отметить еще одно немаловажное обстоятельство. Как правило, социальные аспекты генетики не существуют незави-

¹ Для сравнения: из более чем 1,55 млн web-страниц, где встречается термин «экология», в 157.000 web-страниц он ассоциирован с «благом» (*benefits*) и лишь в 5 (пяти) – с риском или опасностью, причем в этом случае речь идет не об экологии как науке, а о потенциальных отрицательных экологических последствиях каких-либо процессов или событий.

симо друг от друга и от конкретно научной основы, образуя своеобразные «гибридные» ментальные образы. В пользу такого вывода говорит значительное количество *web*-страниц, где отдельные семантические структуры, находясь в корреляционной связи друг с другом. По крайней мере, это касается политических и этических аспектов генетики. Семантическая ассоциация между этими аспектами генетических теорий и практических разработок в менталитете достаточно выражена. Если принять мерой ее силы процентную долю *web*-страниц, общих для различных «субпопуляций», то в случае этики и политики этот показатель¹ достигает 16 пунктов (из 100 теоретически возможных). Общий вывод: не только степень политизации генетики, как и всего естествознания, и ее вовлечения в этические коллизии, но и уровень этической мотивации (по крайней мере, публично выражаемой) оказывает существенное влияние на модус поведения отдельных личностей и всего общества в целом.

Как ни странным кажется на первый взгляд, достаточно велика ассоциация между политикой и религией (15 пунктов). По всей видимости, это свидетельствует о значительном удельном весе теологических аргументов и мотивации в инициировании тех или иных законодательных мер, касающихся генетики и биотехнологии. Очевидно, идейные связи и взаимовлияния между естествознанием и религией в настоящее время значительно выше, чем представлялось адептам сциентизма. Столь же высокая семантическая ассоциация (20 пунктов) этических и религиозных компонентов генетической проблематики наоборот, удивления не вызывает и, более того, служит, вероятно, косвенным свидетельством того, что этическая интерпретация оказывается средством коммуникации между политической и религиозной составляющими современного менталитета.

Следующий вопрос касался уже русскоязычных сайтов, т. е. отражения оценки последствий развития науки и высоких технологий общественным мнением на постсоветском политическом

¹ Величина семантической ассоциации для двух рубрик (*i* и *j*) $C = \frac{P_{ij}}{P_i + P_j} \cdot 100\%$,

где P_i и P_j – численность элементов отдельных рубрик, а P_{ij} – численность элементов, принадлежащих к обеим рубрикам.

пространстве (Украина, Россия, страны СНГ). Использовалась поисковая система *Rambler*, с помощью которой анализировалась тематика *web*-сайтов по состоянию на июнь 2003 г.

Прежде всего, попытаемся выяснить частоту встречаемости бренда «опасное знание» и его лексическую ассоциацию с различными областями естествознания (рис. 2).

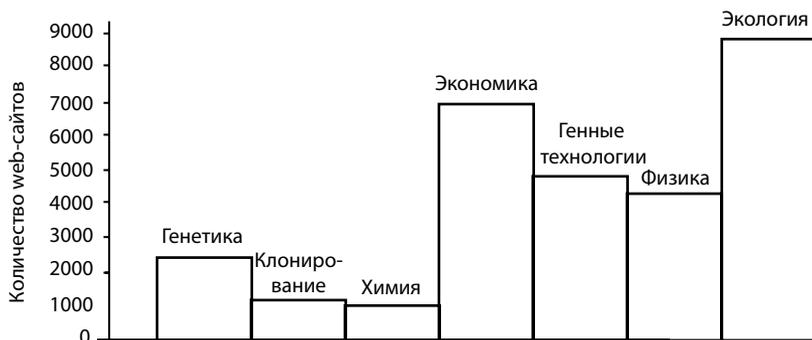


Рис. 2. Тема «опасного знания» на русскоязычных Web-сайтах

С этими данными согласуются результаты определения частоты встречаемости слова «страх» на сайтах, посвященных конкретным областям современного естествознания (рис. 3). Так, число сайтов, в документах которых слово «страх» встречается совместно с названием одной из пяти научных дисциплин (генетика, биология, экология, физика и химия), наиболее велико в случае физики и химии (33 и 22% суммарного числа сайтов), тогда как «биологические» сайты заметно уступают им в численности (до 17%).

Как видим, генетика и генные технологии в настоящее время не ассоциируется в СНГ с исключительно высокой степенью риска. Число сайтов, где обнаруживается ассоциация с опасностью, порождаемой научным знанием, для этих терминов (2482 и 1172 соответственно) значительно уступает и физике (6976) и химии (4851). То же самое касается и одной из самых острых тем, связанных с генетическими технологиями – клонированием человека и высших животных (1053).



Рис. 3. Тема страха на русскоязычных сайтах Интернет (объяснения в тексте)

Этот результат может показаться парадоксальным, если учесть те акценты на потенциальной опасности потребления продуктов и лекарств, созданных с использованием генных технологий, кошмарными видениями армий, состоящих из клонов Гитлера, Сталина, Саддама Хусейна, постоянно присутствующих в средствах массовой информации. Отмеченные закономерности детерминируются двумя факторами – доминированием в структуре физических и химических технологий над биологическими (этот разрыв возрастает в менее экономически развитых странах, еще не перешедших полностью в постиндустриальную фазу) и отставанием темпов эволюции менталитета от технологического прогресса.

Реалии Чернобыля перевешивают, очевидно, в настоящее время *потенциальные* (подлинные или мифические) угрозы техногенных катастроф, которые могут исходить от генных технологий. Впрочем, необходимо учитывать и ограничения, налагаемые этим методом на возможность однозначной интерпретации. Мы можем с его помощью выявить лишь корреляционные ассоциации, но смысловые требуют дополнительного содержательного анализа.

Свидетельством этого служит достаточно высокий рейтинг ассоциаций «опасного знания» с экологией (4301) и экономикой

(8882). В первом случае объяснением служит негативная смысловая связь между побочными последствиями применения новых технологий, во втором – экономические аспекты тех же самых проблем. Содержательный анализ позволяет выявить, что наибольшие опасения вызывает в обществе потенциальная угроза со стороны генных технологий здоровью отдельного человека, экологической и социально-политической стабильности и безопасности¹. Само по себе то, что генетика и генные технологии относятся, с точки зрения простого человека, к потенциально и актуально опасным и даже «страшным» вещам, диагностируется достаточно четко².

Так же четко прослеживаются еще две особенности современного восприятия социальных аспектов генетики:

- угроза использования достижений этой науки для преодоления «несоответствия наличного человеческого материала требованиям современной технологии и условиям деловой активности» и «производства людей заранее заданных типов в массовых масштабах»³;
- необходимость «нравственного самоограничения ученых и специалистов, которые работают в потенциально опасных для человечества областях знания»⁴.

Переведем теперь этот квазисоциологический «опрос» в более конкретную плоскость, т. е. попытаемся определить, какие именно генные технологии вызывают повышенный общественный резонанс, его эмоциональный характер, те сферы общественной жизни, с которыми эти технологии ассоциируются (табл. 7). Рекордсменом здесь, безусловно, является клонирование – 57,8 пункта (1 пункт

¹ «Никогда не говорят лишь об одном: будет ли искусственное воспроизведение означать конец природы и торжество лабораторий? Принесет ли массовое клонирование вред окружающей среде? Что произойдет, если весь запас генов окажется у горстки научных организаций?» (25.03.2003). <http://www.seu.ru/vesti/2001-04/31.htm>

² http://faces.ng.ru/characters/2000-04-13/5_yaya.ht; <http://www.abramyan.ru/threatsru.htm>

³ <http://rusidiot.narod.ru/big/zinaa/zin2.html>

⁴ <http://www.netda.ru/sobor/sarov2000npk.htm>

соответствует 1% всех сайтов, где упоминается генетика), а также генная инженерия (20,2 пункта) и использование ее методик с целью создания генетически модифицированных продуктов питания (17,6 пункта). Генотерапия и генодиагностика привлекают существенно меньшее внимание. Их рейтинг равняется 2,2 и 1,6 пункта соответственно.

Политические и этические аспекты генетики и генных технологий, очевидно, наиболее значимы для общественности постсоветского политического пространства. Их рейтинг колеблется от 24 (генодиагностика) до 38 (генетическая инженерия) пунктов. В то же время политические проблемы, связанные с использованием генетически модифицированных продуктов, мало отражены в на *Web*-сайтах СНГ (4,1 пункта). Столь же остро, если говорить о развитии генетики вообще, стоят и ее этические аспекты (до 31 пункта). Взаимоотношения генетики и религиозных догматов в целом несколько менее актуальны (примерно 20 пунктов).

Что касается эмоционального ответа на сообщения о достижениях и проблемах этой сферы человеческой деятельности, то в целом положительные и негативные эмоции для наших сограждан пребывают в определенном равновесии. Соотношение сайтов, где развитие генетики и генетических технологий ассоциируется с пользой и вредом, соответственно достигает 3/2, т. е. в целом преобладают позитивные ожидания. Ассоциация генетики и социального прогресса, с одной стороны, и социального риска – с другой, надежды на спасение или предчувствие катастрофы приблизительно равны друг другу (13 – 15 пунктов). Наибольшее внимание в этом смысле привлекает использование генных технологий для производства продуктов питания, которое на 39% сайтов ассоциируется с пользой, 22% – благом, 18% – социальным прогрессом. Но в документах, представленных на 41% сайтов, ассоциируется с опасностью, 27,4% – вредом и 22% – социальным риском.

Таким образом, если число *Web*-сайтов адекватно отражает численность социальных групп, придерживающихся определенных взглядов, общественное мнение достаточно благоприятно с точки зрения перспектив развития генных технологий, но его нельзя на-

Матрица лексических ассоциаций и оценок последствий развития генетики и геновых технологий в странах СНГ (по результатам контент-анализа русскоязычных ресурсов Интернет)

лексические единицы	Число Web-сайтов												
	генетика	%	гено-террапия	%	генодиагностика	%	клонирование	%	генетическая инженерия	%	генетически модифицированные продукты	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	15907	100	354	100	254	100	9160	100	3217	100	2826	100	
польза	4003	25,2	74	21,0	24	9,0	2260	24,7			1111	39,0	
вред	2543	16,0	67	18,9	19	7,5	1320	14,4	735	22,8	773	27,4	
благо	2517	15,8	44	12,4	12	4,7	1653	18	761	23,7	608	22,0	
социальный прогресс	2483	15,6	59	16,7	33	13	914	10	756	23,5	512	18,0	
социальный риск	2029	15,9	87	24,6	57	22	809	8,8	593	18,4	628	22,0	
опасность	1487	9,3	93	26,2	40	16	2018	22	762	23,7	1145	41,0	
прибыль	2000	12,6	33	9,3	27	11	1326	14,5	638	19,8	624	22,0	
бизнес	3581	22,5	71	20,1	55	22	2732	29,8	896	27,9	903	32,0	
коммерция	611	3,8	19	5,3	0	0	482	5,2	123	3,8	154	5,4	
катастрофа	2791	17,5	69	19,5	45	18	1702	18,6	865	26,9	670	24	
спасение	2133	13,4	27	7,6	9	3,5	1408	15,4	571	17,7	419	15	
оружие	3322	20,9	56	15,8	21	8,3	2375	25,9	1054	32,8	819	29	
терроризм	801	5			11	4,3			263	8,2	229	8,1	

Окончание табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
война	5047	31,7	71	20,1	24	9,4	3215	35,1	1312	40,8	1088	38
политика	4915	30,9	107	30,2	60	24,0	2884	31,5	1228	38,2	115	4,1
права цело- века	7466	46,9	154	43,8	86	33,9	4471	48,8	1841	57,2	1710	60,5
дискримина- ция	1594	10	28	7,91	14	5,5	397	4,3	182	5,66	142	5,0
этика	4888	30,7	39	11	11	4,3	1059	11,6	480	14,9	289	10
религия	3019	19	27	7,6	4	1,6	1696	18,5	762	23,7	505	18

звать ультратоксикативным. Эта сфера научно-исследовательских и технологических разработок рассматривается, очевидно, как достаточно перспективная с точки зрения предпринимательской деятельности (до 27 – 32 пунктов в случае генетически модифицированных продуктов питания, генетической инженерии и клонирования). Однако (парадоксальная ситуация) возможность извлечения прибыли имеет рейтинг приблизительно на $1/3 - 1/2$ ниже, а коммерческое использование ассоциируется с различными типами генных технологий и того ниже (до 5 – 6 пунктов), причем коммерческое использование генодиагностики в настоящее время не представлено в русскоязычном секторе Интернет вообще. Возникает естественное предположение, что это отражает некие особенности ментальности постсоветского геополитического пространства – прежде всего Украины и России, но, разумеется, эта тема нуждается в дальнейшей разработке средствами конкретной социологии и социальной психологии групп.

Возможности и опасности военного использования генных технологий достаточно широко представлены в русскоязычных ресурсах Сети (до 29 – 32 пунктов). Следует однако учитывать эти ограничения данного метода (вследствие многозначности понятий «оружие» и «война»), корректнее сделать вывод о высоком рейтинге возможных конфликтов различной природы – экономической, социально-политической, военной религиозной или этической.

Использование генных технологий в качестве средства устрашения (биотерроризм) представлено относительно меньше (5 – 8 пунктов). В целом это касается и проблемы генетической дискриминации (5 – 10 пунктов), наиболее острой на Западе. В то же время величина лексической ассоциации различных генетических технологий и прав человека весьма велика, хотя можно предположить, что в данном случае больший интерес вызывают охрана здоровья и контроль качества генетически модифицированных продуктов, поступающих к потребителю, а не соблюдение политических прав. В пользу такого предположения говорит исключительно высокая ассоциация этой лексической единицы и «генетически модифицированных продуктов» на русскоязычных сайтах – свыше 60 пунктов.

Результаты третьей серии исследования, в которой сравнивались русско- и украиноязычные Web-сайты, оказался несколько неожиданным: спектры частотного распределения сайтов, где встречаются те или иные лексические ассоциации, уже рассмотренные выше, резко различались друг от друга. Поскольку использовалась одна и та же поисковая система, эти закономерности, скорее всего, действительно отражают специфику распределения внимания, уделяемого в России и Украине конкретным оценкам значения развития генетики для человека и общества (рис. 4).

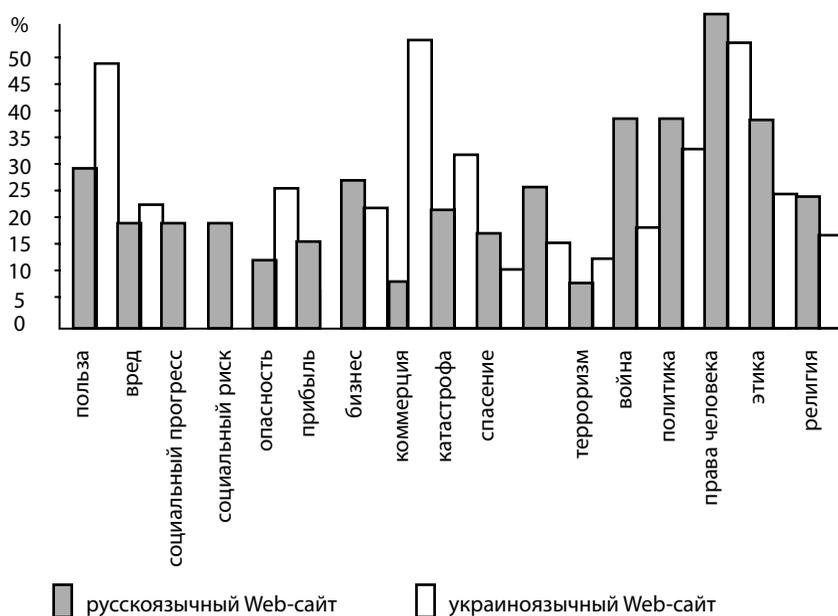


Рис. 4. Социальные аспекты генетики на русскоязычных и украиноязычных Web-сайтах (объяснения в тексте)

Судя по результатам, украиноязычные сайты можно охарактеризовать значительно более высокой ассоциацией развития генетики с пользой или благом (до 40 пунктов) в сравнении с русскоязычными (25 пунктов) соответственно. Социальный риск и социальный

прогресс менее сильно ассоциированы с генетикой в украинском секторе Сети (0,5 и 6 против 15-16 пунктов). Также более слабое внимание уделяется здесь коммерческому использованию генетики (прибыль – менее 1 пункта, бизнес – 14 пунктов). Связь генетики и политики находит в настоящее время примерно равное отражение как в русскоязычных, так и украиноязычных ресурсах Сети.

В настоящее время вопрос о том, являются ли эти данные симптомом уже сложившихся социально-психологических различий, предвестником таких различий в будущем, или же вызвано иными причинами, остается открытым. *A priori*, однако, возможность ассоциированной с пролиферацией генетических технологий дивергенции двух близких социумов не может быть исключена. Во всяком случае альтернативное восприятие перспектив и опасностей использования генетически модифицированных продуктов питания в США и Западной Европе, например, в настоящее время перешло из социально-психологической сферы в правовое и дипломатические поле и в определенных проявлениях может быть охарактеризовано как антагонизм.

В целом можно предположить, что для наших соотечественников негативно развитие генетики и биотехнологий в первую очередь связаны с проблемами технической безопасности и управляемости, и менее – с социальными и психологическими коллизиями. Последние занимают менее значимое место в русско- и украиноязычных секторах Сети, что, с нашей точки зрения, делает ситуацию более неустойчивой с точки зрения развития гражданского общества в Украине в условиях возможного в ближайшем будущем импорта технологий генодиагностики и недооценки общественным мнением порожденных ею проблем соблюдения прав человека как в теоретическом, так, и конкретно-правовом аспектах.

Итак, складывается картина достаточно сильных расхождений и конфликтов между двумя имиджами генетической технологии. Как показывают результаты конкретно-социологических исследований, однозначная положительная корреляция между уровнем самооценки образования и уровнем восприятия риска не обнаруживается. Более того, как правило лица, имеющие профессиональную подго-

товку в областях, относимым к разновидностям «опасного знания», склонны менее остро воспринимать потенциальную опасность и более высоко оценивать выгоду научно-исследовательских разработок¹. Умеренный или значительный оптимизм научного сообщества противостоит четкой негативистской реакции средств массовой информации, ряда мощных политических и общественных движений и объединений и т. п. Эти расхождения, если они не обусловлены только недостаточной информированностью общественного мнения, служат еще одним симптомом высокого удельного веса социокультурного и ментального компонентов («опасное знание» третьего типа – по нашей классификации) в формировании социального риска развития этой области знания. Возникает своеобразный цикл в цикле – *методология, теория и практика исчисления риска научно-технических разработок превращается с учетом дифференцированного социального ответа разных социальных общностей еще в одну разновидность «опасного знания».*

Выше уже говорилось, что генные технологии означают способность человека менять направление собственной биологической эволюции. Этот вывод отражает антропоцентрическую систему приоритетов нашего менталитета. Однако с позиций глобального эволюционизма еще более важно, что *человечество обретает перспективу искусственного конструирования и эволюции экосистем любого ранга – до биосферы включительно, а следовательно, экономика и экология сливаются в единую науку.* Последствия актуализации этого футурологического сценария пока трудно предсказать.

В естественнонаучной концепции риска последний является функцией двух переменных: вероятности нежелательного события и тяжести последствий. Проблема состоит в разработке методологии и техники расчета обеих величин. Нас же будет сейчас интересовать другой вопрос: насколько различаются модели восприятия риска, порождаемые наукой и технологией, у различных этно- и социокультурных общностей? Качественная характеристика восприятия риска определяется комбинацией степени выраженности

¹ Вилдавски А., Дейк К. Теории восприятия риска: кто боится, чего и почему? // Thesis.– 1994.– Вып. 5.– С. 272.

упомянутых выше параметров совместно с уровнем социально-политического интереса к конкретному источнику риска. В соответствии с одной из предложенных классификаций можно выделить девять основных моделей восприятия риска¹.

Первые три комбинации этих параметров можно определить как теоретическое или практическое отсутствие риска:

- вероятность события весьма большая, но тяжесть последствий равна нулю или бесконечно мала;
- вероятность негативного события равна нулю, ущерб – отличен от нуля;
- и наконец, как вероятность события, так и ущерб от него бесконечно малы.

Все остальные ситуации, воспринимаются человеком как рискованные.

Дамокл. Тяжесть негативных последствий велика, вероятность нежелательного события, которое к ним приведет, весьма низка. В соответствии с этой моделью оценивается большинство техногенных катастроф типа Чернобыля или взрыв на химическом заводе в индийском городе Бхопал.

Циклоп. Тяжесть негативных последствий велика, вероятность нежелательного события неопределенна. По мнению экспертов – генных технологов – этой модели соответствует, например, внедрение в экологическую систему, чужеродного, трансгенного организма.

Пифия. Вероятность нежелательного события и тяжесть его последствий не определены.

Пандора. Степень тяжести последствий и вероятность самого нежелательного события неопределенны, но если оно произойдет –

¹ Steinhauser K. G. Environmental risks of chemicals and genetically modified organisms: a comparison. Part I: Classification and 126 characterisation of risks posed by chemicals and GMOs // Environ Sci Pollut Res Int.– 2001.– No 8(2).– P. 120; Вельков В. В. Оценка риска при интродукции генетически модифицированных микроорганизмов в окружающую среду // Агрехимия.– 2000.– № 8.– С. 76 – 86; Вельков В. В. По ту сторону эволюции // Человек.– 2004.– № 2.– С. 22 – 30.

его вредные последствия широко распространятся и/или будут существовать длительное время, и/или будут необратимыми.

Кассандра. Высокая вероятность нежелательного события и большая тяжесть его последствий, особенно – отдаленных.

Медуза. Вероятность нежелательного события и тяжесть его последствий невелики, но общественный мобилизационный потенциал этого типа риска высок.

По оценке В. В. Велькова, с которой можно в целом согласиться, модели восприятия риска, порождаемого генетикой и генными технологиями, экспертами-генетиками, и биотехнологами, и среднестатистическими «обывателями» альтернативны. Первая из них соответствует типам «Пифия» или «Пандора», вторая – «Медуза» и «Кассандра». Иными словами, восприятие экспертов тяготеет к минимальным или неопределенным оценкам риска при относительно невысоком политическом статусе (по крайней мере – декларативно) проблемы риска генных технологий. Массовое сознание в целом склонно давать наиболее высокие оценки значений риска и присваивать проблеме безопасности высокий политический статус. При этом статус потенциального или реального блага, извлекаемого из использования генных технологий, в глазах экспертов заметно превышает таковой проблемы риска.

Интересно, что, до некоторой степени вопреки последнему утверждению, автор цитируемой статьи заявляет, что последствия развития теоретической генетики и генных технологий «имеют, прежде всего, политическое значение». Но на самом деле это противоречие – кажущееся. Политическую окраску этой проблемы и придает то самое расхождение между объективным «миром научного знания» и субъективным «миром идей», которые в равной мере определяют поведенческие модусы человека. Следующее расхождение касается оценки роли генетических и социокультурных факторов в формировании личности и историческом развитии отдельных народов и всего человечества. Среди специалистов в области молекулярной генетики и геномики доминирует тенденция располагать значение генетического фактора в формировании личности и эволюции цивилизации ближе к верхнему пределу возможных значе-

ний. В массовом сознании оценки более размыты и в сильной мере зависят от политических позиций.

Если подвести итог, то можно, конечно, просто ограничиться утверждением о значительной величине социокультурной составляющей в оценке риска, обусловленного развитием науки и технологии.

Однако рискнем пойти несколько дальше. В данном случае эвристически более плодотворной оказывается оппозиция риск (опасное знание)/устойчивость. Существование описанных «ножниц» в оценке науки и технологии как источников риска само по себе свидетельствует о реальности проблемы «опасного знания», поскольку отсутствие консенсуса и поляризация общественного мнения предопределяет социально-политическую напряженность и провоцирует инициацию конфликтной ситуации, т. е. нарушает структурную устойчивость социальной системы. За примерами далеко ходить не надо. Достаточно вспомнить, насколько острые формы принимает противостояние сторонников и противников абортов по медицинским показаниям. С развитием репродуктивных технологий течение конфликтов не становится более сглаженным, политическая заангажированность носителей противоположных мнений не ослабевает, а скорее, растет.

В утвержденном Министерством охраны здоровья Украины учебнике медицинской генетики для высших учебных заведений утверждается, что генетика – это не только теоретический фундамент современной биологии, но и «философия жизни вообще и медицины в частности»¹. Это положение безусловно, соответствует умонастроениям большей части специалистов и демонстрирует потенциальную силу генетического знания в качестве системного фактора, определяющего траекторию дальнейшей эволюции цивилизации. Это соображение – достаточный аргумент для зачисления генетики в разряд «опасного знания». Значит ли это, что наиболее оптимальным решением был бы перманентный мораторий на развитие генных технологий?

¹ Бужієвська Т. І. Основи медичної генетики.– К.: Здоров'я, 2001.– С. 7.

Итак, имеется явная дифференциация ментальности современного человека по признаку восприятия и оценки последствий наиболее динамично развивающихся областей научного знания технологических разработок. Эта дифференциация происходит, так сказать, в многомерном пространстве этнокультурных особенностей, уровня образования и характера профессиональной деятельности, социального статуса и политических убеждений. Различия в понимании того, что является «опасным знанием», какова природа риска, насколько он велик, каким способом его можно контролировать и пр. весьма существенны. По ряду пунктов кажется, что сторонники различных партий, эксперты и рядовые обыватели, гуманитарии и естествоиспытатели говорят на разных языках, вкладывают разный смысл в одни и те же лексические конструкции. В целом это не является признаком катастрофы. Скорее это свидетельствует об интенсивности эволюции современной ментальности, глубине преобразований фундамента духовной культуры. Юрий Лотман высказал очень глубокую мысль – полное совпадение или слишком глубокие расхождения семантических кодов, посредством которых осуществляется коммуникация между различными индивидами, равным образом исключает получение новой информации в процессе общения. Собственно *общение* и означает достижение взаимопонимания между участниками¹. С этой точки зрения устранение фактора риска, т. е. обратной трансформация «опасного знания» в источник силы, а не слабости человека, означает унификацию семантических кодов, используемых различными социальными общностями и отдельными индивидами при описании этой проблемы. И степень социального риска определяется временем и усилиями, необходимыми для достижения взаимопонимания.

Интеграция генных технологий в жизнь современной цивилизации. «Комедия генетики и нравов»²

Слово «комедия» в заголовке этого раздела, употребленное в своем «высоком» значении, вероятно наиболее резко подчеркивает

¹ Лотман Ю. М. Семиосфера.– СПб.: Искусство, 2000.

² Использован заголовок одного из научно-фантастических произведений американской писательницы Лоис МакМастер Буджолд.

основную коллизию, лежащую в основе процессов интеграции науки и высоких технологий в жизнь современного человека – главная «интрига» социальных и политических конфликтов заключается в столкновении или синергетике нового научного знания с уже существующими элементами духовной культуры, ментальности. Подобного рода конфликты в техногенной цивилизации, как правило, заканчивались изменением «нравов» – этических основ жизни общества.

Мы сейчас привыкли к тому глубокому воздействию, которая генетика и генные технологии оказывают не только на материальные условия жизни современной цивилизации, но и на ментальность, способ мышления современного человека. Но масштабы такого воздействия мы в повседневной жизни не всегда можем себе представить в полном объеме¹.

В 1943 г. Николай Вавилов, больше кого-либо другого заслуживший имя творца методологии и теории «зеленой революции»², умирал в саратовской тюрьме от дистрофии. По жестокой иронии

¹ Подробнее влияние генетики на материальную и духовную жизнь современной цивилизации проанализировано нами ранее в монографии: Чешко В. Ф., Кулиниченко В. Л. Наука, этика, политика: социокультурные аспекты современной генетики. – К.: ПАРАПАН, 2004. – Раздел 3.

² В узком смысле этого слова «зеленая революция» – это создание и внедрение карликовых сортов пшеницы, риса и других зерновых культур, обеспечившее в 1955 – 1970 гг. рост урожайности в странах третьего мира в 1,5 – 2 раза. Однако большинство специалистов и СМИ употребляют это понятие в расширенном толковании – использование новой технологии создания сортов и пород, основанное на знании законов генетики. В этом смысле предтечей «зеленой революции» было внедрение гетерозисных гибридов кукурузы в США в 1933 – 1950 г.г. (подробнее см.: Чешко В. Ф. Наука и государство. Методологический анализ социальной истории науки (генетика и селекция в России и Украине в советский период). – Харьков: Основа, 1997. – С. 283 – 285, а также материалы, изложенные в первой части настоящей монографии). В целом уже развитие классической генетики смогло коренным образом ускорить и рационализировать процесс селекции. Алгоритм создания нового сорта включает в себя: выяснение механизмов генетического контроля основных хозяйственно важных признаков, влияющих на жизнеспособность, устойчивость и продуктивность; формирование генетических коллекций (по современной терминологии – банков генов), служащих материалом для последующего

истории именно в этот год на противоположной стороне Земного шара – в Мексике – американский селекционер Норман Борлауг начал практическое воплощение в жизнь основных идей своего советского коллеги – создание новых сортов культурных растений в соответствии с заранее сформулированной моделью, на основе данных о наследовании хозяйственно важных признаков, использованием генетической информации, хранящейся в банках генов (генетических коллекциях). В разделе, написанном В. И. Глазко, уже приводились расчеты, сделанные спустя 40 лет Норманом Борлаугом, ставшим к тому времени лауреатом Нобелевской премии мира 1970 г. В соответствии с ними только технологии, созданные на основе классической генетики (т. е. без применения генетической инженерии) обеспечили продуктами питания 6 млрд человек¹. Вдумаемся в эту цифру. Если эти расчеты верны, то все население Земли в конце XX в. не умерло голодной смертью только благодаря технологическому прогрессу, основанному на хромосомной теории наследственности.

Взглянем на ту же проблему в несколько ином – биомедицинском – ракурсе. По данным Всемирной организации здравоохранения, около 2,5% новорожденных появляются с различными пороками развития. При этом часть из них обусловлены преимущественно неблагоприятными факторами, а остальные имеют генетическую природу². К экзогенным факторам можно отнести: биологические

селекционного процесса; создание модели сорта, т. е. того набора признаков, которые обеспечивают достижение поставленной перед селекционером цели; «конструирование сорта» – введение в его геном (первоначально на основе традиционных технологий – гибридизации и отбора, затем и генной инженерии) тех генов, которые обеспечат реализацию этой модели. В сущности, именно обеспечению теоретических и материальных предпосылок реализации этой схемы, была посвящена жизнь Николая Вавилова.

¹ См. также: Глазко В. И. Генетически модифицированные организмы: от бактерий до человека.– К.: РВИЦ, 2002.– С. 43.

² Баранов В. С. Пренатальная диагностика наследственных и врожденных болезней в России. Реальность и перспективы // Соровский образовательный журнал.– 1998, № 10. С. 32 – 36; Фогель Ф., Мотульски А. Генетика человека: В 3-х т. Т. 2.– М.: Мир, 1990.– 378 с.

(инфекционные заболевания: краснуха, герпес, токсоплазмоз, хламидийная инфекция), физические (радионуклиды и ионизирующее излучение), химические (противоопухолевые и гормональные препараты, наркотические вещества). Генетические факторы пороков развития отражают генетический груз популяции, который проявляется более чем у 5% населения планеты. Примерно 1% генетического груза приходится на генные мутации, 0,5% – хромосомные мутации, около 3 – 3,5% – болезни с выраженным наследственным компонентом (диабет, атеросклероз, ишемическая болезнь сердца и т. д.). В развитых в экономическом отношении странах Запада генетические патологии занимают до одной трети клинических случаев, заканчивающихся летальным исходом в детском возрасте. К этому можно добавить около 40-50% ранней младенческой (пренатальной) смертности и инвалидности с детства, обусловленных наследственными факторами.

Однако эта модель непрерывно корректируется и пересматривается. Происходит ускоряющаяся постепенная эрозия границ, отделяющих наследственные болезни от заболеваний, имеющих иную этиологию. В отличие от генетической детерминации генетическая предрасположенность позволяет включить в категорию наследственных огромное число мультифакторных болезней (рак, сердечно-сосудистые заболевания, психические отклонения, сахарный диабет и др.), в этиологии которых определяющую роль играет сложный комплекс полигенных и средовых факторов и более того – отклонения, которые ранее традиционно рассматривались как результат свободного выбора индивидуума или неблагоприятной социальной среды (алкоголизм, наркомания, сексуальная ориентация, насилие над личностью, суицид и др.). Экстраполяция этой тенденции легко может привести, как замечает Э. Юнгст¹, к тому, что все болезни можно рассматривать как наследственные. В свою очередь такое изменение концептуальных основ теории патогенеза обусловит радикальную революцию в методологии практической

¹ Цит. по: Paul B.D. What is Genetic Test, and Why does it Matter // Endeavour.– 1999.– Vol. 23.– P. 159 – 161.

медицины, которую некоторые эксперты предсказывают уже через 5 – 10 – 15 лет после начала III тысячелетия.

В этом разделе мы не будем рассматривать вынесенную в заглавие проблему в ее методологическом, философском аспекте. Попробуем реконструировать, как происходит процесс интеграции одной из конкретных генных технологий – предимплантационной генетической диагностики – в практику медицины, а через нее – в повседневную жизнь современного человека. Для отечественного читателя это тем более интересно, что одним из главных героев этой истории является наш соотечественник Юрий Верлинский, окончивший в 1968 г. кафедру генетики и цитологии Харьковского национального университета и ставшего впоследствии основателем и руководителем Института репродуктивной генетики в Чикаго (США).

Вопреки распространенному мнению, в настоящее время не генотерапия или клонирование, а именно предимплантационная генодиагностика (ПГД), дающая возможность селекции эмбрионов в массовом масштабе, способна оказать наиболее мощное влияние на генофонд современного человечества.

Основными элементами технологической схемы ПГД служат тесты, осуществляемые на стадиях оплодотворенной или неоплодотворенной яйцеклетки, а также первых стадий развития человеческого эмбриона – до его имплантации (врастания в матку). Операции предимплантационной генетической диагностики осуществляются в ходе реализации искусственного (экстракорпорального) оплодотворения вне организма женщины¹. Назначение ПГД, как следует из ее названия, двоякое:

- профилактика наследственных болезней в группах риска; имплантация в матку заведомо здоровых человеческих эмбрионов, свободных от наследственных детерминантов, обуславливающих развитие тех или иных патологий;

¹ Simpson J. L., Carson S. A. Preimplantation genetic diagnosis // N Engl J Med. 1992.– Vol. 327.– P. 951 – 953; Verlinsky Y., Kuliev A. Preimplantation Diagnosis of Genetic Diseases.– Wiley-Liss, 1993. 155 p.; Thornhill A. R., Snow K. Molecular Diagnostics in Preimplantation Genetic Diagnosis // J Mol Diagn.– 2002.– Vol. 4.– P. 11 – 29.

- получение стволовых клеток, имеющих определенную иммуно-генетическую специфичность для трансплантации в организм конкретного реципиента.

Объектом ПГД могут быть полученные с помощью микроманипулятора так называемые полярные тела¹, или индивидуальные клетки, из дробящегося эмбриона. На этих стадиях диагностируются все хромосомные и около 30 генных болезней. Методы детекции: Fish-гибридизация ДНК-зондами для диагностики хромосомных болезней либо различные варианты полимеразной цепной реакции для диагностики генных болезней.

История метода предимплантационной диагностики ведет свое начало с пионерского исследования Р. Эдвардса и П. Холандса², впервые осуществивших определение пола у эмбриона кролика *in vitro*³ с последующей трансплантацией его в полость матки. Однако практическая реализация поставленной этими исследователями стратегической цели – профилактика передачи наследственных заболеваний от родителей детям в группах риска стало возможным лишь в начале 90-х годов, когда была разработана техника полимеразной цепной реакции (ПЦР). Она позволила определять присут-

¹ Обычно образование половых клеток происходит путем мейоза – клетка предшественник делится дважды, а ее хромосомы удваиваются только один раз. Таким образом их число уменьшается вдвое. Нормальное число хромосом со всеми заключенными в них генами восстанавливается при оплодотворении – слиянии яйцеклетки с образовавшейся таким же способом мужской половой клеткой (сперматозоидом). Таким путем обеспечивается постоянство набора генов при половом размножении и возникновение новых комбинаций различных вариантов (аллелей) одних и тех же генов. Однако в ходе образования яйцеклетки цитоплазма (внеядерное вещество клетки) делится неравномерно – почти вся она достается одной из них. Она и становится впоследствии яйцеклеткой. Три оставшиеся маленькие клетки (полярные тельца) в дальнейших событиях участия не принимают. Исследовав их хромосомы и ДНК, можно достаточно точно судить о той генетической информации, которая содержится собственно в яйцеклетке.

² Edwards R. G. Hollands P. New advances in Human embryology: implications of the preimplantation diagnosis of genetic disease // Hum Reprod.– 1988. Vol. 3.– P. 549 – 556.

³ Дословно – «в стекле», т. е. вне организма, в искусственной среде.

ствии конкретных нуклеотидных последовательностей в геноме единичных клеток¹.

Именно эта методика была использована А. Ханашиде и др. в 1990 г. для выявления специфических последовательностей нуклеотидов для Y-хромосомы при определении пола эмбрионов у супружеских пар с X-сцепленными заболеваниями. Наряду с методикой ПЦР используется флюоресцентная (нерадиоактивная) гибридизация нуклеиновых кислот. С его помощью оказалось возможным одновременно определять наличие конкретных хромосом, а следовательно, диагностировать не только пол эмбрионов, но и патологии, связанные с нарушением их числа.

Лидером в практическом использовании новой технологии и ее горячим пропагандистом стал Институт репродуктивной генетики. Благодаря его сотрудникам ПГД стала применяться весьма широко и для профилактики типичных наследственных и хромосомных болезней и (пока в относительно меньших масштабах) для получения доноров стволовых клеток для конкретных пациентов. К маю 2000 г. процедуру ПГД, по данным общества репродукции и эмбриологии человека, прошло 732 человека². Спустя еще четыре года их число возросло еще более чем в 2 раза. Однако наибольший общественный и политический резонанс вызвали всего несколько случаев применения ПГД-технологий, которые мы и рассмотрим сейчас подробнее.

¹ Метод ПЦР (метод полимеразной цепной реакции, PCR, polymerase chain reaction) является прямым методом анализа ДНК. Эта технология была впервые описана американским биохимиком К. Мюллисом – сотрудником фирмы «Cetus» – в 1983 г. (Нобелевская премия 1995 г.). Она позволяет специфично увеличивать (амплифицировать) количество образца ДНК в десятки и сотни раз (Navidi W., Arnheim N. Using PCR in preimplantation genetic disease diagnosis // Hum Reprod.– 1991.– Vol. 6.– P. 836 – 849; Шуть И. В., Кравченко Н. А. Полимеразная цепная реакция как метод анализа ДНК // Труды по фундаментальной и прикладной генетике.– Вып. 2.– X.: Штрих, 2003.– С. 265 –277.

² ESHRE PGD Consortium Steering Committee ESHRE Preimplantation Genetic Diagnosis Consortium: data collection III (May 2001) // Hum. Reprod.– 2002.– Vol. 17, No 1.– P. 233 – 246; ESHRE PGD Consortium Steering Committee (2000). ESHRE Preimplantation Genetic Diagnosis (PGD) Consortium: data collection II (May 2000) // Hum Reprod Vol. 15.– P. 2673 – 2683.

Чаще всего в этих случаях новая технология использовалась для лечения родственников детей, полученных методом ПГД и экстракорпорального оплодотворения. Терапевтические процедуры в этом случае предусматривают селекцию эмбрионов или оплодотворенных яйцеклеток для получения материала для трансплантации, иммунологически совместимого с тканями реципиента. Наиболее эффективным этот метод лечения оказывается в случае наследственных гемоглобинопатий¹ и других типов нарушения системы кроветворения.

«Случай Мариссы Айалы»

Хронологически первая операция подобного рода была осуществлена в 1987 г. Ю. Верлинским в Чикаго.

17-летняя Анисса Айала страдала тяжелой формой наследственной лейкемии. Как известно, такие заболевания поддаются лечению методом трансплантации клеток костного мозга. Однако в силу редкой формы антигенной специфичности в течение двух лет найти донора не удавалось. Теоретически в соответствии с формулами менделевского расщепления в этой же семье, с вероятностью 1/4, мог родиться ребенок – донор *стволовых*, т. е. неспециализированных, *клеток*-предшественников костного мозга. Дополнительной трудностью было то, что мать девочки за некоторое время до этого подверглась операции вазэктомии, и поэтому была устранена даже теоретическая возможность появления на свет донора. После обращения в институт репродуктивной генетики были получены яйцеклетки, генотип которых обеспечивал иммунную совместимость с реципиентом. Технология ПГД в данном случае предусматривала использование диагностики с использованием полярных теллец, после рождения ребенка – девочки, получившей имя Марисса, источником костного мозга которой послужили так называемые провизорные органы (пуповинная кровь).

¹ Болезней, связанных с нарушением физиологических функций гемоглобина.

Анемия Фанкони

Впервые описана в 1937 г. и позднее получила название семейного, апластического миелоза. Болезнь наследуется по аутосомно-доминантному типу и характеризуется угнетением кроветворения. Дети низкого роста, отмечается недоразвитие половых органов, дефекты развития скелета, почечная и сердечная недостаточность и т. д. Первые симптомы развиваются в возрасте от 6 месяцев до 4 лет, причем длительность жизни не превышает 2 – 5 лет. Единственным радикальным способом лечения является пересадка клеток костного мозга.

После обнаружения этой болезни у дочери супругов Лизы и Джека Нэш (США) Молли в институте репродуктивной генетики было проведено несколько циклов получения яйцеклеток, искусственного оплодотворения и отбора эмбрионов, обладающих соответствующими показаниями (свобода от гена анемии Фанкони и соответствующая генетическая специфичность). В данном случае успех был достигнут только с четвертой попытки и потребовал получения и селекции нескольких десятков эмбрионов с соответствующими генетическими характеристиками. Всего в течение четырех циклов экстракорпорального оплодотворения было получено 30 оплодотворенных яйцеклеток. Анализ ДНК, выделенной из единичной эмбриональной клетки, показал, что шесть из них были гомозиготны по мутации IVS4 +4A.....T в FANCC гене, ответственном за развитие этой патологии. Из оставшихся 24 эмбрионов 5 были совместимы с тканью реципиента по иммунологическим показателям (HLA-антигены). Два эмбриона из них были отобраны и имплантированы в матку. Донором стволовых клеток, полученных, как и в случае Мариссы, из пуповинной крови, послужил ребенок, которому было дано имя Адам, родившийся в августе 2000 г.

Вторым случаем подобного рода послужил Чарльз Уиттекер. Родителям этого ребенка, проживавшим в Англии, Британским советом по оплодотворению и эмбриологии в 2002 г. был дан отказ на проведение этой операции, поскольку в это время операции, имеющие целью рождение ребенка для лечения и оказания медицинской помощи третьим лицам, здесь были запрещены. В связи с этим

получение и отбор эмбриона был проведен, как и в предыдущих случаях, в институте репродуктивной генетики в Чикаго.

В Австралии разрешение на проведение ЭКО и пренатальной диагностики для получения стволовых клеток, пригодных для трансплантации 3-летней девочке, также страдающей анемией Фанкони, было оговорено несколькими условиями. Они сводились, прежде всего, к тому, что полученные таким способом клетки могут быть использованы только для лечения больных братьев или сестер, но ни других родственников (отца или матери) или третьих лиц. Во-вторых, допустимо получение только стволовых клеток костного мозга или переливание крови, взятой из пуповины. Изъятие таких органов, как почки, легкие, сердце и т. п., не допускается. Каждый клинический случай должен получать особое разрешение.

Бета-талассемия

Представляет собой одну из разновидностей так называемой болезни Кули, которая впервые была описана в 1925 г. Она очень широко распространена среди населения стран Средиземноморья. Талассемия относится к группе гемоглобинопатий. Болезнь протекает в более тяжелой форме у гомозигот, проявляясь в раннем возрасте и приводя к смерти довольно часто – до достижения возраста 12 месяцев. Как установили молекулярно-генетические исследования, причина развития талассемии связана с нарушением сплайсинга белковых цепей гемоглобина HbA.

Лечение этой болезни с помощью ПГД предполагалось провести по заявке родителей для лечения Заина Хашми. Они обратились в 2001 г. в Британский совет по оплодотворению и эмбриологии за разрешением провести скрининг типа тканей эмбрионов, полученных в ходе ЭКО, для отбора донора. 23 февраля 2002 г. официальное разрешение было получено. Решение основывалось на рекомендациях комиссии по генетике человека, которые сводились к следующему:

- технология ПГД должна использоваться только для определения специфических и «серьезных» заболеваний;
- не допускается использование данной технологии для обеспечения будущим новорожденным желательных признаков в

пределах морфо-физиологической нормы, т. е. в евгенических целях;

- указанная технология может быть применена только по таким же показаниям, как другие методы пренатальной диагностики;
- не допускается использование ПГД для выявления эмбрионов-носителей аутосомных, рецессивных генов;
- общая концепция применения ПГД для селекции и имплантирования эмбрионов в целях профилактики наследственных заболеваний в настоящее время еще не может быть сформулирована, и решение должно приниматься в каждом конкретном случае.

Таким образом, основной оговоркой этих рекомендаций было требование жестких гарантий недопущения возможности селекции или отбора человеческих эмбрионов желательного пола, по уровню развития интеллекта, физиологическим и психологическим характеристикам.

Однако это решение, в свою очередь, было оспорено в Верховном суде сторонницей движения противников аборта, принадлежащей к так называемой группе «Замечания относительно репродуктивной этики» (Comments on reproductive ethics – CORE). Последовало судебное разбирательство, положительно разрешившееся только спустя еще два года вердиктом суда апелляционной инстанции. В иске утверждалось, что принимать решение такого масштаба может только Верховный законодательный орган страны, т. е. парламент. 9 февраля 2004 г. палата лордов Великобритании приняла решение, согласно которому в настоящее время не существует каких-либо норм, запрещающих любые манипуляции с зародышами человека с целью скрининга и отбора в отношении характеристик будущего ребенка. К этому времени, несмотря на судебный процесс, было уже проведено три цикла ЭКО, скрининга и селекции эмбрионов, к сожалению, закончившиеся неудачей. Таким образом, в настоящее время этот случай еще далек от своего разрешения.

Кистодный фиброз (муковисцидоз)

Был одним из первых случаев моногенных болезней, при профилактике которых была успешно использована методика ПГД. Эта патология в большинстве случаев детерминируется трехнуклеотидной делецией ($\Delta F508$). Ген кистодного фиброза связан с регуляцией транспорта жиров в мембранах поджелудочной железы и других органов. Мутация приводит к повышению вязкости секрета поджелудочной железы, желчи и бронхов. В патологический процесс оказываются вовлеченными слизистые, потовые и слюнные железы. В конечном итоге наблюдается диффузное ожирение и цирроз печени, закупорка бронхов. У детей, страдающих кистодным фиброзом, с первых же дней жизни отмечается замедление роста и веса, воспаление органов дыхания, дистрофия и т. д. Современные методы пренатальной диагностики основывались на методике амниоцентеза. Предимплантационный диагноз кистодного фиброза был первоначально проведен на трех супружеских парах, оба члена которых являлись носителями мутации $\Delta F508$. После экстракорпорального оплодотворения на третий день производилась биопсия отдельных клеток развивающегося эмбриона, ДНК из которых анализировалась с помощью методики ПЦР. Только две яйцеклетки, полученные от одной женщины, были оплодотворены нормально. Анализ ДНК показал, что только одна из них свободна от мутации $\Delta F508$, тогда как вторая была гомозиготной по этому гену. Яйцеклетки двух других женщин привели к образованию эмбрионов-носителей гена, обуславливающего патологию или имеющих те или иные хромосомные дефекты. Нормальный эмбрион был имплантирован в матку и привел к рождению в 1992 г. девочки, свободной от гена кистодного фиброза.

Болезнь Альцгеймера

В 2000 г. в клинику Института репродуктивной генетики обратилась 30-летняя женщина, генетик по образованию, в семье которой часто встречалась ранняя форма болезни Альцгеймера, являющейся одной из самых тяжелых наследственных заболеваний. Ее особенностью является малозаметное начало в зрелом или старческом

возрасте, проявляющееся прогрессирующим расстройством памяти и нарушением функций высшей нервной деятельности. Болезнь впервые была описана в 1902 г., и к настоящему времени выяснилось, что сходные симптомы скрывают два разные типа патологии, связанные с различными генетическими детерминантами. В любом случае наблюдается быстро развивающееся нарушение памяти – снижение запоминания, дезориентация, нарушение внимания, восприятия, многочисленные ложные узнавания и т. п. Больные становятся бесцельно суетливы, у них нарушается речь, а затем наблюдаются галлюцинации, кратковременные приступы бреда, судороги и т. п. При этом заболевании разрушается вся структура коры головного мозга, весь мозг уменьшается, наблюдается так называемое альцгеймеровское перерождение нервных волокон. Первый тип болезни Альцгеймера (ранняя болезнь Альцгеймера, пресенильная деменция) начинается в возрасте 45 лет. Нарушение памяти наблюдается уже на ранних стадиях развития болезни, но она развивается постепенно, и человек сохраняет особенности личности, ясное сознание достаточно долгое время. Гены, ответственные за развитие болезни Альцгеймера, расположены на 21 хромосоме – так называемый ген амилоидного предшественника (APP), на 14 хромосоме – ген пренилилин-1 (PSN-1). Амилоид представляет собой естественный продукт физиологического разрушения некоторых белков. Однако мутация гена APP приводит к накоплению этого белка в нервных клетках или удлинению белковой цепи амилоида. И в том, и в другом случае молекулы этого белка образуют скопления в клеточных пространствах коры головного мозга в виде бляшек. Главным генетическим фактором поздней болезни Альцгеймера является e^{-4} аллель гена аполиipoproteина E (ApoE). Этот белок участвует в процессах регенерации нейроглии. Снижение активности ацетилхолинтрансферазы и развитие дефицита ацетилхолина пропорционально, как показал Дж. Пурье, числу копий аллеля e^{-4} в геноме. Среди всех, страдающих болезнью Альцгеймера, примерно 1% является носителями APP-гена и 25 – 30% – гена ApoE.

Брат, отец и сестра женщины страдали от болезни Альцгеймера, причем ген, нарушающий обмен амилоида APP, был обнаружен в генотипе самой пациентки. В институте, после получения яйцекле-

ток и проведения предимплантационной диагностики, был произведен отбор эмбрионов свободного от гена предрасположенности к ранней форме болезни Альцгеймера. Использовалась схема ПГД с использованием биопсии полярных телец. Поэтому оплодотворенные клетки (донором спермы был муж пациентки) должны были быть заведомо свободными от генов болезни Альцгеймера. Однако успешной оказалась только вторая попытка. С первой попытки отобрать ген-клетку, свободную от APP-гена, не удалось. Всего за два цикла диагностики и имплантации были пересажены четыре эмбриона, которые, по данным тестирования, были свободны от мутантных аллелей. Эмбрион был имплантирован в матку матери и вначале 2001 г., беременность завершилась рождением здоровой девочки. В возрасте 17 месяцев анализ ДНК, выделенных из лейкоцитов крови, подтвердил, что ее генотип свободен от мутантного гена. Спустя год операция была проведена повторно.

Уже исходя из всего сказанного выше, очевидно, что ПДГ-технологии, наряду с очевидными благами, несут и зерно социально-политических коллизий, становятся центрами определенной социальной нестабильности. Дополнительный стимул для дискуссий дают высказывания самого Юрия Верлинского и некоторых других специалистов. Несколько лет назад он заявил в одном из своих интервью, что в XXI веке методика экстракорпорального оплодотворения и ПГД станут обычной практикой размножения человека, вытеснив все остальные эмоциональные и этические аспекты в сферу удовольствия и развлечения. Такие прогнозы (технически вполне реальные), естественно, не способствуют спокойствию умов. Ответный импульс общественного мнения часто принимает классическую форму реакции на футурошок.

«Демон Джеймса Уотсона». Биополитические и биоэтические дилеммы репродуктивных технологий

«...Ученый-философ не должен смотреть на современную человеческую природу как на нечто незыблемое, а должен стремиться изменить ее ко благу людей. Мы все же вправе составить себе идеал человеческой природы, к которому человеку следовало бы стремиться».

Илья Мечников, 1907 г.

От влияния современной генетики на материальные основы бытия перейдем к духовным – ментальным и мировоззренческим аспектам того же процесса. В истории науки известны примеры, когда для того, чтобы сделать наглядной, доступной, образной ту или иную концепцию, доведя ее до логического конца и одновременно придав ей некую художественную выразительность, прибегали к средствам, далеким от академической строгости и сухости. «Демон Лапласа», «демон Максвелла», «демон Дарвина»... Вероятно, настало время говорить еще об одной метафоре – «демоне двойной спирали». Можно было бы назвать его и иначе – «Демон Джеймса Уотсона». Одно из самых цитируемых в конце прошлого – начале нынешнего тысячелетий высказываний о сущности той революции в умах, которую вызвала фундаментальная генетика и биотехнология, принадлежит лауреату Нобелевской премии, первому научному руководителю Международного проекта «Геном человека» Джеймсу Уотсону: «Мы думали, наша судьба нисходит к нам со звезд, на самом деле наша судьба записана в наших генах». Ментальной доминантой техногенной цивилизации на современной фазе ее развития стал генетический детерминизм – современный человек верит, что тот, кто полностью расшифрует генетическую информацию, записанную в виде последовательности нуклеотидов в геноме каждого индивидуума, сможет предсказать всю его последующую судьбу, поведение во всех мыслимых и немыслимых ситуациях, положение в обществе, болезни, которыми он заболит, время их возникновения и пр., и пр. Эта вера стала силой – реальной или виртуальной, – определяющей вектор развития современного человечества.

Эта особенность мышления определяет и восприятие социальных проблем, порожденных развитием генетических и репродуктивных технологий. Для коммуникативного взаимодействия гене-

тики и биотехнологии, с одной стороны, и гуманистики, с другой, в высшей степени характерна операция перекодирования: то, что экспертом-генетиком и биотехнологом воспринимается как вопрос обеспечения технической безопасности, экспертом-биополитиком и правоведом формулируется как этическая и политическая дилемма. Рассмотрим наиболее важные из них.

1. Возможное нарушение прав ребенка, связанное с несоблюдением категорического императива И. Канта (философско-методологическая дилемма) – искусственно инициированное рождение ребенка, служащее средством достижения поставленной цели:

- а) появление ребенка, возникшего в результате генно-репродуктивных технологий, как правило, является средством достижения цели, не связанной непосредственно с появлением новой личности и, следовательно, должно рассматриваться как противоречащее нормам гуманистической этики;*
- б) использование генно-репродуктивных технологий делает возможным появление новой полноценной личности, которая в противном случае вообще не могла бы родиться или ее существование не было бы полноценным и достойным; таким образом, использование таких технологий этически оправданно.*

Современная этика западной цивилизации основывается на категорическом императиве Иммануила Канта, согласно которому человек может рассматриваться как конечная цель, но не средство достижения этой цели. Между тем, в настоящее время это противоречие оказывается далеким от разрешения, по крайней мере, теоретически. Сделанные перед и после рождения Мариссы Айала средствами массовой информации и некоторыми экспертами пугающие предсказания касательно ее будущего и отношения к ней со стороны близких, по всей видимости, оказались ошибочными, но породили метафору, которая, несмотря на несоответствие действительному положению дел и негативной эмоциональной окраске, ныне циркулирует почти как официальный термин для обозначения детей, рожденных с использованием методики ПГД – «ребенок на запчасти», «ребенок – детский конструктор». Единственной причиной психологического стресса, который могут испытывать такого рода дети,

является осознание, что их появление на свет служит чьим-то посторонним интересам, а не объясняется ценностью их жизни как таковой. Однако такого рода психологический шок *a priori*, очевидно, имеет ранг, соответствующий другим факторам психологического стресса, существующим в настоящее время (невозможность прерывания нежелательной беременности, неполная семья и т. д.). Проблема психологических последствий использования генотерапевтических репродуктивных технологий в настоящее время в целом является все же белым пятном в биоэтике и новой отрасли науки, за которой еще не существует русскоязычного эквивалента зарубежным терминам – *biopolitics*, *community genetics*. Конкретно научных исследований в области психологии детей, рожденных с помощью репродуктивных и генных технологий, как потенциальных доноров стволовых клеток нам обнаружить, естественно, не удалось.

Если анализировать эту ситуацию с точки зрения выбора оптимальной стратегии¹ – в рамках прагматической этико-философской традиции, то принимаемое решение приводит к рождению здорового ребенка и/или сохраняет жизнь уже существующего человека. Все возможные альтернативы генотерапии, предимплантационной генетической диагностики, например, и т. п. в настоящее время, по крайней мере, могут предотвратить рождение ребенка с патологической наследственностью или гарантировать рождение здорового ребенка, но не решить проблему излечения ряда наследственных заболеваний или предотвращения возникновения эмбриона с патологией.

2. Сохранение генетического разнообразия (эколого-генетическая дилемма):

а) устранение методами генной инженерии из генофонда генов, снижающих жизнеспособность и приспособленность их носителей, обеспечивает более высокий уровень приспособленности к существующей в настоящее время экологической (а в случае Homo sapiens – и социокультурной) среде и, следовательно, этически оправданно;

¹ Boyle R. J., Savulesky J. Ethics of using preimplantation genetic diagnosis to select a stem cell donor for an existing person // Brit. Med. Journ.– 2001.– Vol. 323.– P. 1240 – 1243.

б) устранение из генофонда отдельных генов ведет к уменьшению уровня генетического разнообразия, снижает адаптивный потенциал в отношении будущих изменений среды обитания и, следовательно, недопустимо.

Возможность селекции или генетической модификации эмбрионов и яйцеклеток создает реальную опасность снижения генетического разнообразия в генетической популяции как следствие разнообразных культурно-психологических, социэтических и политических влияний. Значение этого фактора уже проявилось на примере многих стран азиатского региона, в которых оказалось необходимым принятие законодательных мер, ограничивающих использование методов пренатальной диагностики пола случаями повышенного риска сцепленных с полом наследственных патологий. Причиной последнего шага оказалось нарушение нормального соотношения полов у новорожденных вследствие их различного социального статуса (родители предпочитали мальчиков).

3. Свобода репродуктивного выбора и возможность социально-политического принуждения (прямого или опосредованного) или социокультурного давления при его осуществлении (евгеническая дилемма):

а) общество имеет право влиять на репродуктивный выбор своих членов постольку, поскольку это обеспечивает право будущих членов общества на качество жизни, достойное человека;

б) всякое постороннее давление нарушает права будущих родителей на индивидуальную свободу, а будущих детей – на «открытое будущее».

Один из возможных социальных рисков репродуктивных и генных технологий заключается в усилении внешнего (социального, культурного, политического) давления на процесс принятия решения о рождении ребенка с теми или иными наследственными характеристиками. Негативное восприятие административного контроля стимулируется историческим опытом, связанным с попытками реализации программ улучшения генофонда человека (евгеника), предпринятыми в США, Скандинавии и Германии в 1900 – 1950 гг.

Выше мы уже касались социальной и политической истории евгеники, зародившейся как сугубо научное направление, а отнюдь не политическая идеология.

Развитие современных генных технологий создает технологические и социокультурные предпосылки для нового цикла приведения генетической конституции *Homo sapiens* в соответствие с социальными условиями техногенной цивилизации.

Источник такого давления в современных условиях отличается от такового первой трети XX в. Тогда первотолчком послужило развитие генетики человека в широком смысле этого слова. Новые концепции и идеи изменили баланс противоположно ориентированных ментальных установок и стереотипов, активировав те из них, которые оказались созвучны новым научным постулатам. Наиболее значимым оказалось усиление так называемого стереотипа родовой предетерминации – веры в неразрывность кровной связи, соединяющей всех потомков основателя рода в единое целое.

Таким образом, политизация генетики вообще и антропогенетики в частности была вторичной, проистекающей из внедрения логико-научных конструкций в ментальность и превращения возникших эпистемолого-этических гибридов в политическую идеологию. Ныне любое научное исследование и технологическая разработка рассматривается как изначально политическая проблема, при решении которой научные и гуманитарные аспекты выступают, по крайней мере, как равноправные.

Для либеральной традиции характерны поиски решения в рамках доктрин индивидуальной свободы и права собственности. Система ценностей, ментальных доминант и поведенческих модусов, лежащая в основе этой модели, сложилась в ходе становления рыночно-конъюнктурных отношений и вследствие них. Свой адаптивно-эвристический потенциал она доказала за последние 200 – 250 лет неоднократно.

Но разработанное либеральной философией решение евгенической методологической дилеммы, как справедливо отметил в недавно переведенном на русский язык исследовании Юрген Ха-

бермас¹, относится к англо-американской философской традиции. Собственно говоря, оно сводится к формальному обеспечению репродуктивного выбора родителей на основе рецептов и технологий, уже не раз доказавших свою эффективность в рыночной системе. «Исходя из либеральной точки зрения, – пишет Хабермас², – представляется само собой разумеющимся, что решения относительно строения генофонда детей не могут подвергаться никакому государственному регулированию, но отдаются целиком на усмотрение родителей. Для подобных позиций характерно рассматривать открытое генными технологиями игровое пространство решений как материальное продолжение свободы воспроизводства и права родителей, т. е. как продолжение основных прав индивида в его противостоянии государству».

Эту особенность англо-американского менталитета и сформированных на его основе идеологических и этических доктрин, явно связанных с рыночными реалиями XVIII – XIX веков, выразительно сформулировал оппонент Хабермаса – весьма известный (и популярный) американский философ Фрэнсис Фукуяма³: «Согласно экономической теории, совокупный социальный вред имеет место лишь тогда, когда индивидуальные выборы приводят к так называемым негативным внешним эффектам – т. е. затратам третьей стороны, не участвующей в транзакциях... Дети, которые становятся объектами генетических модификаций, не давая на то согласия, составляют самый очевидный класс потенциально терпящей ущерб третьей стороны. Современное семейное законодательство предполагает общность интересов между родителями и детьми и потому предоставляет родителям значительную свободу рук в дет-

¹ Хабермас Ю. Будущее человеческой природы: Пер. с нем. – М.: Весь мир, 2003. Анализ взглядов Ю. Хабермаса о методах и границах допустимого вмешательства в биологическую эволюцию человека приводится в статье: Куренной В. Этика вида и генная инженерия // Отечественные записки. – 2003. – № 1.

² Там же, с. 90.

³ Фукуяма Ф. Почему мы должны беспокоиться // Отечественные записки. – 2002. – № 7. – С. 4.

ском воспитании и образовании. Либертарианцы¹ утверждают, что имеется как бы молчаливое согласие со стороны детей, которые выигрывают от более высокого интеллекта, хорошей внешности и прочих желательных генетических характеристик, поскольку подавляющее большинство родителей хочет для своих детей лишь самого наилучшего. Однако можно вообразить множество случаев, когда определенные репродуктивные выборы будут родителям казаться выигрышными, но самим детям причинят вред».

Но подобная интерпретация плохо вписывается в мировоззрение и ментальность континентальной Европы (прежде всего, немецкую) и, добавим, – восточнославянскую. В немецкой и отечественной философии вопросы типа «что есть Человек вообще и нравственный Человек в частности?» нельзя обойти просто, предложив некий абстрактный алгоритм идентификации. К тому же это решение содержит внутреннее противоречие, которое Хабермас не преминул выявить. В либеральной доктрине государство обязано «гарантировать каждому равную свободу развивать этическое самопонимание для того, чтобы в соответствии с собственными возможностями и благими намерениями осуществить в действительности персональную концепцию «благой жизни»². Иными словами, в обществе должно быть обеспечено справедливое взаимодействие индивидуумов, имеющих разные представления о том, что есть Добро и Зло – как относительно самих себя, так и других членов социума. В таком случае столкновение принципов культурно-этического плюрализма и свободы репродуктивного выбора ведет к опасной социально-правовой нестабильности: «Распространение принуждения на генетические структуры будущей личности означает, что любая личность, независимо от того, является ли она генетически запрограммированной или нет, может отныне рассматривать строение своего генома как следствие некоего, с ее точки зрения, предосудительного действия или бездействия»³.

¹ Либертарианцы, на наш взгляд, – не совсем адекватный стилистически перевод. Более точно соответствовал бы русскоязычной традиции иной термин с тем же смысловым содержанием – либералы. – В. Ч.

² Хабермас Ю. Цит. соч., с. 12.

³ Там же, с. 97.

Систему универсальных этических принципов взаимоотношений разумных индивидов, относящихся к одной и той же генеральной совокупности – человечеству, Хабермас обозначает категорией «*этика вида*». Именно она позволяет любой личности идентифицировать себя как члена общества, индивида, входящего в ту совокупность существ, которая именуется человечеством¹. Этика вида основывается на том, что все индивидуумы, имеют некую общую, спонтанно возникшую основу, независимую от постороннего вмешательства. Именно благодаря этому субъекты социальной коммуникации способны смотреть на своих партнеров как на свободных автономных личностей. в рамках *этики вида* решение рассматриваемой здесь дилеммы по Хабермасу заключается в одобрении любой генно-инженерной манипуляции, способной уменьшить страдания эмбриона – носителя наследственной патологии². На тех же основаниях любые попытки изменить *нормальный* человеческий геном в целях усовершенствования его обладателя расцениваются как несовместимые с *этикой вида*³, поскольку разрушают генетическое единство человечества.

Итак, перед нами два несовместимые решения этой дилеммы и два альтернативные сценария развития человечества:

¹ Хабермас Ю., Цит. соч., с. 52.

² Там же, с. 64, сл.

³ Описанная здесь этическая коллизия совпадает с традиционной теологической дилеммой свободная воля (*versus*) – божественное предопределение. Акт божественного творения необходимо согласовать с ответственностью человека за свои деяния в земной жизни. И предлагаемое немецким философом решение в некотором смысле лежит в русле христианской традиции: создав человека по «по образу и подобию Своему», Бог наделяет его свободой воли, а следовательно, и моральной ответственностью за совершенные человеком деяния. Если же человек подвергает модификации собственную природу и тем самым сообщает своим поступкам – и добрым, и злым – однозначную каузальную зависимость от последовательности нуклеотидов в его генах («Наша судьба записана в наших генах»), то тем самым он лишает понятия «Добро» и «Зло» внутреннего смысла, превращая их в функциональные зависимости. «Жизнь в моральном вакууме той формы жизни, которая бы не ведала, что такое моральный цинизм, была бы лишена какой жизненной ценности»,– пишет Хабермас (там же, с. 108).

- а) по первому сценарию человечество принимает на себя ответственность за последующее течение собственной биологической эволюции (название одной из научно-популярных статей на эту тему – «Второе изгнание из Рая»);*
- б) по второму сценарию человечество в целях сохранения собственной биосоциальной идентичности и предотвращения необратимого разрыва в эволюции разумной жизни на Земле накладывает жесткое морально-правовое табу на любые модификации собственной генетической конституции.*

4. Правовой статус человеческих эмбрионов и юридическая идентификация момента возникновения человеческой личности (юридическая дилемма):

- а) использование клеток генетически модифицированных или селективированных человеческих эмбрионов – единственный из известных в настоящее время путей лечения многих наследственных и ненаследственных патологий;*
- б) использование клеток генетически модифицированных или селективированных человеческих эмбрионов в том случае, когда оно осуществляется после начала формирования человеческой личности, нарушает фундаментальное право каждого человеческого существа – на жизнь.*

Развитие репродуктивных технологий (клонирование организма и эмбриональных стволовых клеток в терапевтических целях) поставило вопрос о социально-этическом и правовом статусе человеческого эмбриона. Иными словами, необходимо определить стадию индивидуального развития, когда он приобретает фундаментальные атрибуты человеческой личности и, следовательно, определенные политические права, прежде всего, право на жизнь.

С точки зрения эксперта-гуманитария (этика, правоведа, философа) решение этого вопроса в правовом или политическом поле должно исходить из конкретно-научной информации – времени закладки биологических инвариантов личностных характеристик индивидуума. Однако для биолога трансформация развивающейся оплодотворенной яйцеклетки из совокупности автономных клеток в наделенный сознанием организм – не одномоментное событие,

а процесс. Каждая его фаза связана с предшествующими и последующими функциональной зависимостью. Формирование полноценно функционирующего мозга завершается только к концу второго года жизни ребенка; способность перерабатывать полученные ощущения появляется у эмбриона на 30-й неделе после оплодотворения, а реакция на внешние раздражители – на 6-й; начало образования собственных органов человеческого организма (в частности, нервной системы) начинается на 14-й день; начало функционирования генома оплодотворенной яйцеклетки на стадии 8 бластомеров, а объединение геномов мужской и женской половых клеток – через 20 час. после проникновения сперматозоида в яйцеклетку¹. «Представление о «нормальном геноме», как и о «нормальном» теле и темпераменте, представляет собой культурный идеал, который подлежит обсуждению», – замечает Б. В. Марков². А следовательно, определение момента «рождения личности» в этом случае оказывается возможным в результате этического выбора и таким образом возвращается в социогуманитарное поле. Такая же дилемма встает перед исследователями и в других ситуациях, порожденных развитием современных технологий (конфиденциальность генетической информации, этно- и расогенетические исследования и т. д. и т. п.).

5. Генетическая дискриминация (первая биополитическая дилемма):

- а) генетическая информация о каждом конкретном индивидууме должна рассматриваться как конфиденциальная («тайна личности»), поскольку предоставляет ее обладателю инструмент манипулирования чужими судьбами и может служить средством ограничения *de jure* или *de facto* политических прав носителей определенных генов;*
- б) генетическая информация о каждом конкретном индивидууме существенна с точки зрения безопасности и здоровья связанных с ним лиц.*

¹ Курило Л. Ф. Развитие эмбриона и некоторые морально-этические проблемы методов вспомогательной репродукции // Проблемы репродукции. – 1998. – № 3. – С. 39 – 49.

² Марков Б. В. Ницше в России и на Западе // От Гегеля к Ницше, революционный перелом в мышлении XIX века. – СПб.: Владимир Даль, 2002.

6. Возможность расслоения генофонда в соответствии с уровнем дохода (вторая биополитическая дилемма – антропологическая);

- а) каждый человек имеет право на устранение из его генома тех факторов, которые снижают уровень биосоциальной адаптации его самого или его потомков;*
- б) геном человека является «достоянием всего человечества» как единого биологического вида и его модификации в зависимости от экономического ценза или в соответствии с этнокультурными, профессиональными и т. п. критериями недопустимы, поскольку ведут к утрате идентичности человечества.*

Например, стоимость лечения бета-талассемии с использованием технологии предимплантационной диагностики и трансплантации половых клеток в настоящее время приближается к 300.000 долларов. Это делает эту технологию, впрочем как и другие генодиагностические и генотерапевтические процедуры, малодоступной для слоев населения с относительно низким уровнем дохода. В свою очередь это создает предпосылки для расслоения единого генофонда человеческой популяции на выделяемые в соответствии с уровнем дохода группы, свободный обмен генами которых затруднен.

Многие инвалидные сообщества, как уже упоминалось, возражают против использования генно-терапевтических способов лечения, поскольку это приведет к элиминации выработанных в течение тысячелетий своеобразных субкультурных типов. Перевод таких субкультур на генетическую основу повысит их статус до уровня собственно культурного типа.

Существуют разнообразные проекты генетической адаптации человека к определенным типам профессиональной деятельности или к выживанию в условиях особых экологических ниш (дно океана, космическая среда и т. п.). В принципе все эти тенденции сходятся в одной точке: автономные в культурном и социальном плане общности могут превратиться в репродуктивно изолированные и отличающиеся друг от друга генетически субпопуляции, а в более отдаленной перспективе – самостоятельные виды разумных существ.

«ОПАСНОЕ ЗНАНИЕ» С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ГЛОБАЛЬНО-ЭВОЛЮЦИОННОЙ ПАРАДИГМЫ

Глобально-эволюционный аспект феномена опасного знания, кажется, в настоящее время можно рассматривать более как потенциальную опасность, чем как актуальный социальный риск, но его последствия слишком важны, чтобы откладывать его исследование «на потом». Темпы развития биологии и генетики несколько раз оказывались смелее наиболее оптимистических футурологических прогнозов (расшифровка генетического кода, например, вместо столетий, произошла в течение каких-нибудь 10 – 12 лет – 1953 – 1965), а процесс интеграции новых открытий в не готовом к этому обществе окажется катастрофическим без упреждающего развития методологии социального регулирования и создания эффективно действующих систем этических приоритетов.

Реалии научно-технического прогресса ставят под сомнение основной социально-экологический принцип отношений социума и вновь создаваемых технологий – не существует технологий, опасных самих по себе, ситуация риска возникает лишь в результате их использования с неадекватными целями. Иными словами, аксиологическое, ценностное измерение приобретает наукой в процессе использования ее результатов, но не собственно в ходе производства нового знания. Однако в настоящее время само существование биологического вида *Homo sapiens* оказывается коррелятом созданного им же технологического феномена – генетической инженерии.

Траектория биосоциальной эволюции человечества приближается со всей очевидностью к зоне бифуркации. В сфере политического и социально-этического сознания новая эволюционная ситуация воспринимается как бремя глобального выбора. Важнейшими аспектами такого выбора являются следующие.

Выбор оптимального направления биологической эволюции человечества. Необходимым и достаточным условием является создание модели «идеального генома», той совокупности структур-

ных генов и регуляторных генетических элементов, которые наиболее полно соответствуют представлениям человека о самом себе, *esse homo*. Уже по определению это потребует синтеза объективно-рационалистической (естественнонаучной) и личностно-этической (гуманистической) методологий. Консервация существующей организации генома человека (мораторий на любые генно-терапевтические манипуляции) или ограничение такого вмешательства защитой существующей «нормы» в этом смысле невозможно отождествить с уклонением от выбора. Ни экологический, ни социальный *status quo* в этом случае не будут сохраняться неограниченно долго. Следовательно, стратегия отказа от необратимых решений «до всестороннего анализа проблемы» оказывается иллюзией – в силу исключаяющей возможность быстрых реконструкций стагнации «невостребованных» областей научных исследований и технологических разработок.

Выбор между обеспечением биосоциальной целостности человечества и его дивергенцией на самостоятельно эволюционирующие типы. Основой последнего сценария может стать, во-первых, дифференциация системы общечеловеческих ценностных приоритетов на «субпопуляции» этических систем отдельных социальных общностей и, во-вторых, экономическая дифференциация социума, создающая неравенство в отношении доступа к генотерапии и другим (достаточно дорогим с точки зрения потребителя, принадлежащего к так называемому «среднему классу») генным технологиям. Эти тенденции еще слишком далеки от стадии биологической дивергенции и репродуктивной изоляции, однако уже достаточно значимы, чтобы стать существенными социально-политическими факторами (проблемы генетической дискриминации и генетической стигматизации).

Сохранение или разрыв с существовавшей до этого культурной традицией. В результате распада человечества на различные в генетическом отношении разумные индивидуумы; поскольку последнее будет означать конец линии предшествующей культурной эволюции, превращение духовного достояния современного человека из эмоционально постигаемого в рационально расшифровываемый семантический код.

Исследование феномена «опасного знания» с точки зрения концепций глобального эволюционизма и синергетики выглядит достаточно актуальным с точки зрения футурологических сценариев развития социальной и экологической ситуации на нашей планете и, в особенности, влияния эволюции ментальных и мировоззренческих систем на эволюцию социума и биосферы.

Методология глобального эволюционизма

Идея эволюции существует как бы в трех измерениях – как естественнонаучная концепция развития жизни, как методология естественнонаучного мировоззрения и как система установок и стереотипов, глубоко проникших внутрь современного массового сознания (менталитета). Эволюционная идея, став в XIX в. парадигмой биологии, универсальной моделью познания и объяснения биологических феноменов, конституируется затем как универсальный способ мышления, феномен общекультурного значения. Наряду с углублением самой теории эволюции, превращением в систему постулатов, направленных на обнаружение и объяснение причин, движущих сил и форм эволюционного развития, происходит расширение сферы применимости эволюционных идей как инструмента человеческого познания. Появляется концепция глобального эволюционизма, в основе которой лежит представление об универсальности эволюционных процессов в Макро- и Микрокосме. И действительно, многие феномены и процессы, ранее считавшиеся статичными или обратимыми во времени, ныне втягиваются в орбиту исторического метода исследования, рассматриваются как самоорганизующиеся и саморазвивающиеся системы.

Эволюция, как предполагает концепция глобального эволюционизма, – сложный многоступенчатый процесс, общая схема которого включает в себя стадии¹ космологической, химической, биологической (*биогенеза*) и социокультурной (*социогенеза*) эволюции.

На одной из стадий эволюции химического состава литосферы, гидросферы и атмосферы Земли возникают полимерные молекулы

¹ Камшилов М. М. Эволюция биосферы. – М.: Наука, 1974. – 254 с.

с нерегулярной первичной структурой – белки и нуклеиновые кислоты. Уникальной особенностью нуклеиновых кислот является так называемая **конвариантная редупликация**¹, т. е. способность к самокопированию (**репликации**) и случайному изменению своей структуры (**мутированию**), которое в дальнейшем также реплицируется. Конвариантная редупликация является необходимым и достаточным условием, обеспечивающим возникновение и протекание процесса **естественного отбора**, поскольку в результате возникает популяция различающихся между собой репликаторов, конкурирующих за источники энергии и веществ, необходимых для собственного воспроизводства. Естественный отбор играет здесь роль информационного фильтра, пропускающего только те изменения генетической информации, которые повышают шансы выживания и репродукции репликаторов-генов.

В ходе антропогенеза возникает автономная система передачи и воспроизведения информации – через воспитание и обучение (социальная наследственность), что многократно ускорило (на несколько порядков) процесс эволюционных изменений. Как пишет В. Н. Леонтьева в своем исследовании, посвященном философскому и антропологическому анализу культуротворческого процесса, последний изначально предполагает как свои имманентные компоненты **креативную** и **репродуктивную** составляющие, связующим звеном между которыми, по ее мысли, является **аффирмация** (от лат. *affirmo* – утверждение)² «в интерсубъектном пространстве диалога и, следовательно, в ценностно-смысловом универсуме». Не впадая, на наш взгляд, в излишний «биологический редукционизм», можно констатировать принципиальное соответствие этих культурологических категорий категориям генетико-эволюционным – **изменчивость, наследственность, фиксация**. Таким образом, культуру можно рассматривать как результат эволюционной

¹Тимофеев-Ресовский Н. В., Воронцов Н. Н., Яблоков А. В. Краткий очерк теории эволюции.– Изд. 2-е, перераб.– М.: Наука, 1977.– 297 с.

² Леонтьева В. Н. Культуротворческий процесс.– Харьков: Консум, 2003.– С. 8, 50 – 54.

трансформации адаптивной стратегии *Homo sapiens*¹, связанной с возникновением нового способа хранения и передачи от поколения к поколению необходимой для выживания информации². Можно предполагать, что содержание этих понятий отражает некие инварианты глобально-эволюционного процесса, общие для всех форм эволюции самовоспроизводящихся систем.

С иных позиций инвариантность механизмов генетической и социокультурной эволюции констатирует И. В. Бестужев-Лада, считающий эту аналогию достаточно эвристичной и доказательной, чтобы включить ее в учебное пособие по социальному прогнозированию (очевидно, возможные упреки в «биологизаторстве его не слишком пугают): «Если уподобить человеческие представления своего рода «популяциям идей», то рутинные мысли окажутся схожи с «нормальными особями» подобной популяции, а новаторские – с мутантными. И чем оригинальнее идея – тем отвратительнее представляется «мутант» нормальным особям, причем их отвращение к нему вполне рациональное, поскольку скорее всего или чаще даже почти наверняка мутант – всего лишь урод, потомство которого, если дать ему расплодиться, может привести к гибели соответствующую популяцию. Однако столь же хорошо известно, что мутация (не всякая, конечно, а оптимальная для изменившихся условий) – двигатель прогресса. И все же, как мы только что указали, почти всякий мутант – урод, грозящий гибелью. Поэтому, на всякий случай, отношение ко всем мутантам – активно негативное. По этой, довольно яркой, на наш взгляд, аналогии та идея, порождающая нововведение, которая действительно не гибельна, а позитивна, конструктивна, должна обязательно пройти возможно более суровый искус, выдержать испытание на закалку, на неприятие. И если успешно преодолет, – значит, жизнеспособна. А если нет, – значит, нежизнеспособна»³.

¹ Леонтьева В. Н. Культуротворчество и адаптивные стратегии // Вестн. нац. техн. ун-та «ХПИ». Темат. вып. «Философия». – 2003. – № 2. – С. 93 – 98.

² Данное Ю. М. Лотманом определение культуры как ненаследственной информации (Лотман Ю. М. Семиосфера. – СПб.: Искусство, 2000. – 702 с.) нуждается, следовательно, в уточнении – ненаследуемой биологическим путем.

³ Бестужев-Лада И. В. Социальное прогнозирование: Курс лекций. – М.: Педагогическое общество России, 2002. – 392 с.

Итак, в культурной эволюции человечества естественный отбор оказывается в состоянии играть, по сути дела, ту же роль, что и в биологической. Если в распоряжении людей появилась новая информация, которая существенно повышает их шансы на выживание и продолжение рода, то, используя ее, они могут иметь более многочисленное потомство, которому и передадут свое знание. Распространение информации в этом случае не ограничено биологическим размножением, что и объясняет на порядок более высокие темпы культурной эволюции¹. «Культурная эволюция – процесс гораздо более быстрый, чем биологическая эволюция. Один из ее аспектов – глубоко заложенная в человеке (и странным образом – *ламаркистская*²) способность к культурной эволюции путем передачи от одного поколения к другому накопленной информации, в том числе моральных (и аморальных!) критериев оценок», – писал Э. Майр³.

В таком контексте эволюция человека принципиально двухкомпонентна:

биологическая эволюция, связанная с передачей генетической информации, закодированной в геноме в виде последовательности нуклеотидов молекулы ДНК;

социокультурная эволюция, связанная с передачей информации путем подражания и обучения. Эта вторая форма эволюции является специфической для человека.

Новая форма эволюции – социокультурная – разделяется на два потока: эволюцию общества и эволюцию культуры. Однако все они основываются на одном и том же способе хранения и преобразования информации. Поэтому, признавая свойственную эволюции общества и эволюции культуры специфичность (прежде всего, функциональную), приходится говорить о единой – социокультурной – форме эволюции.

¹ Меркулов И. П. Эволюционная эпистемология: история и современные подходы // Эволюция, культура, познание.– М.: ИНФРАН, 1996.– С. 6 – 20.

² Выделено мною – В. Ч.

³ Майр Э. Эволюция // Сб. статей «Эволюция».– М.: Мир, 1981.– С. 11 – 31.

Альтернативную точку зрения излагает российский культуролог М. С. Каган¹. В концепции последнего становление человека есть результирующая трех составляющих – биологической, социальной и культурной.

При этом под культурной здесь понимается совокупность «всех форм генетически не закодированной деятельности человека»². Сам процесс антропогенеза есть «высвобождение некоего обезьяноподобного существа из-под власти генетического способа кодирования и передачи поведенческих программ»³.

Функции социогенеза и культурогенеза принципиально различаются. Социализация индивидуума обеспечивает его интеграцию в уже существующую систему общественных отношений, т. е. формирует его ментальность на надличностном уровне. Овладение культурой, напротив, обеспечивает индивидуализацию человеческой личности, формирует социокультурное многообразие персонифицированных членов социума. Именно благодаря культуре социальная роль индивидуума, с одной стороны, адаптируется к его биолого-генетическим особенностям и, с другой, реализуется на основе выбора из некоей совокупности ценностей, накопленных культурой. Таким образом, социум оказывается здесь некоторым аналогом экологической системы, в которую интегрирован человек.

Уже в процессе социо- и культурогенеза возникает технология, производство, которая вначале имеет функцию обеспечения выживания человека и удовлетворение его индивидуальных и групповых потребностей, сохраняя свою соподчиненность специфическому для *Homo sapiens* способу передачи и преобразования информации – социальному наследованию, о котором говорилось выше.

Понятие **коэволюции** – сопряженного эволюционного развития биологических объектов различной степени сложности оказалось применимым к явлениям нескольких уровней организации жизни – от молекулярно-генетического (эволюция кодирующей и регу-

¹ Каган М. С. И вновь о сущности человека // Отчуждение человека в перспективе глобализации мира. Вып. I.– СПб.: Петрополис», 2001.– С. 48 – 67.

² Там же, с. 63.

³ Там же, с. 61.

ляторной молекулярно-генетических структур различных уровней сложности, в ходе которой формируется геном как согласованно действующая совокупность функционально дифференцированных генетических детерминантов) до популяционно-видового и биоценотического (взаимодействие любых видов, являющихся членами одного и того же биоценоза) и социогенеза¹. Генезис самого явления коэволюции связан с образованием взаимозависимых эволюционирующих систем, прямой обмен информации между которыми невозможен или, по крайней мере, затруднен и редок. В этом случае возникает механизм, обеспечивающий взаимную адаптацию таких систем и их интеграцию в новое целостное образование. Таким механизмом в биологической форме эволюционного процесса выступает естественный отбор. Именно коэволюция есть необходимое условие происхождения целостных систем различных уровней сложности и различной природы с присущей каждому из них специфическими формами гомеостаза – геномов, биоценозов, биосферы, социумов и т. п.

Таким образом, формируется система, состоящая из сопряженно эволюционирующих автономных элементов (подсистем), для которых характерна специфическая форма и особый механизм эволюции:

НЕЖИВАЯ ПРИРОДА → БИОСФЕРА → СОЦИУМ → ТЕХНОЛОГИЯ

В этой схеме каждый последующий элемент связан с предыдущим генетической преемственностью, представляя собой одну из заключительных фаз предшествующего этапа глобального эволюционного процесса.

Однако десинхронизация скоростей эволюции участвующих в ней автономных подсистем, как хорошо известно биологам, хотя бы бегло знакомым с основными положениями синтетической теории эволюции, неизбежно означает нарушение основанного на взаимных приспособлениях экологического или социального гомеостаза; служит предвестником глубокой революционной дезинтеграции и метаморфоза сложившейся до этого структурно-функциональной организации.

¹ Родин С. Н. Идея коэволюции.– Новосибирск: Наука, 1991.

Следствием этого оказывается процесс перманентной и прогрессирующей автономизации наиболее быстро изменяющейся системы. Эту закономерность можно считать общим законом сопряженно эволюционирующих синергетических систем.

Основные закономерности коэволюции взаимозависимых открытых, неравновесных самовоспроизводящихся объектов можно, таким образом, обобщить в виде двух постулатов:

1. Непременным условием обособления новой автономной системы с присущей ей специфической формой эволюции является возникновение независимого способа кодирования, репродукции и преобразования информации¹, необходимой для поддержания их структуры и воспроизводства;

2. Из двух сопряженно эволюционирующих автономных систем активная роль принадлежит обычно той, которая обладает потенциальной способностью к более быстрой адаптивной эволюции.

В целом эти два постулата вполне применимы и к связке объектов (процессов) человек (биогенез) – социум (социогенез) – технология (техногенез).

Применительно к живым организмам этот принцип сформулировал И. И. Шмальгаузен, постулировавший возрастание независимости индивидуального развития от изменений внешней среды, как один из доминирующих векторов прогрессивной биологической эволюции. Аналогичная тенденция возникает и в связке ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ ↔ СОЦИУМ, где она реализовалась в виде собственной *Homo sapiens* (по крайней мере, со времени так называемой «неолитической революции»²) адаптивной стратегии преобразования окружающей живой и неживой природы.

¹ Jantsch E. The Selforganizing Universe: Scientific and Human Implicatory of Emerging Paradigm of Evolution.– Oxford, 1980; Карпинская Р. С., Лисеев И. К., Огурцов А. П. Философия природы: коэволюционная стратегия.– М., 1995.– С. 154; Баксанский О. Е. Коэволюционные репрезентации в современной науке // Методология биологии: новые идеи (синергетика, семиотика, коэволюция).– М., 2001.– С. 56 – 57.

² См. ниже

Параллельное существование протекающих с различными скоростями биологической и социокультурной форм эволюционного процесса и глобальная проблема коэволюции Человека и Природы могут рассматриваться не только в философской, но и в конкретно-биологической проекции – как исследование механизмов генно-культурной коэволюции.

Сеть прямых и обратных влияний трех человекоразмерных¹ коэволюционирующих систем исключительно многомерна. Биологическая эволюция определила генетически детерминированные особенности восприятия *Homo sapiens* окружающего мира (например, основную часть поступающей извне информации человек получает посредством зрения и слуха) и поведения в этом мире, обеспечившем ему выживание. Таким образом, она оказалась серьезным формообразующим фактором по отношению к архаичной культуре, первичной предпосылкой процесса познания человеком окружающего мира, развившегося впоследствии в особый тип познавательной деятельности – науку. Иными словами, первоначальный эволюционный импульс при переходе от собственно биологической эволюции предков *Homo sapiens* к антропогенезу выглядит следующим образом: Природа → Общество → Наука. С разворачиванием социальной истории наука, как основной источник знаний об окружающем мире, обеспечила поток информации в направлении Природа → Наука → Общество и создала основу для технологии. Тем самым значительно усиливается и расширяется канал обратного влияния Общество → Природа. Цикл замыкается.

При этом естественнонаучные знания вообще и биологические в особенности приобретают все большее непосредственное значение для человека. Это имеет два важные следствия.

Во-первых, усиливается обратное (через систему этических норм и ценностей) влияние общества на науку, которое существенно влияет на отбор направлений дальнейших исследований, с одной сторо-

¹ «Человекоразмерность» есть «атрибут исторически развивающихся систем с включенным в них человеком и человеческой деятельностью» (Степин В. С. Теоретическое знание.– М.: Прогресс-Традиция, 2000.– 743 с.).

ны, и на форму, отчасти – и на содержание научных теорий и методологию фундаментальной науки (Общество → Наука) – с другой¹.

Во-вторых, формируя особенности мировоззрения, наука в той или иной степени влияет и на характер и направление воздействия Общество → Природа, тем самым канализируя возможные сценарии физической и биологической эволюции.

Десинхронизация биологической и социокультурной эволюции в антропогенезе

Генезис феномена «опасного знания» начался, скорее всего, одновременно с зарождением самого человека разумного (*Homo sapiens*) – приблизительно 100 тыс. лет назад. Дихотомия глобального эволюционного процесса на биологическую и социальную составляющие неизбежно предполагает возникновение между ними отношений взаимозависимости и сопряжения исторических изменений – первоначально в виде генно-культурной коэволюции.

Как предполагает известный российский культуролог Ю. Бородай, социокультурная преддетерминация человеческого поведения возникла как эволюционно-биологическая адаптация к стадному образу жизни в сочетании с простейшими орудиями нападения и защиты. Ранее аналогичную мысль высказывали различные исследователи. Первым ее автором можно, очевидно, считать одного из основоположников современной этологии (зоопсихологии) и социобиологии, лауреата Нобелевской премии Конрада Лоренца². В современном виде это предположение сводится к следующему. Агрессивность человека является биологической чертой его природы. У высших животных агрессия инстинктивно уравнивается ее торможением. У человека это равновесие нарушается уже вследствие возникновения искусственных орудий нападения – каменных топоров и пр. Превосходство человека относительно других биоло-

¹ Чешко В. Ф. Генетика, біоетика, політика: коеволуція культурно-психологічних парадигм сучасної цивілізації // Практична філософія.– 2001.– № 3.– С. 44 – 71; Чешко В. Ф. Біоетика і громадянське суспільство // Вісн. НАН України.– 2002.– № 1.– С. 43 – 49.

² Лоренц К. Агрессия.– М.: Прогресс, 1994.

гических видов изменяет направление действия естественного отбора в сторону интенсификации внутривидовой агрессии¹. Возникновение этики и морали (первоначально в виде совокупности табу и запретов) оказывается, с этой точки зрения, социокультурной адаптацией, позволившей человеческому обществу избежать деградации и вымирания (в чисто биологическом смысле этого слова).

Если согласиться с этой гипотезой, мы должны сделать два вывода.

Во-первых, культура есть тот элемент в системе Наука – Природа – Социум, который обеспечивает сопряжение биологической и технологической форм эволюции.

Во-вторых, в самый момент своего зарождения технология уже стала источником «опасного знания». Возник «тупик в биологической эволюции некоторых видов приматов – тупик непреодолимого противоречия сексуальных влечений и инстинкта самосохранения» в сообществе (уже не в стаде) эротически возбужденных и вооруженных орудиями убийства себе подобных особей².

Вторая фаза генезиса – неолитическая революция (приблизительно 7 – 10 тыс. лет назад, т. е. возникновение земледелия и скотоводства, когда, собственно говоря, и возникли предпосылки для идеи об угрозе, исходящей из приобретаемого человеком знания. Из книги Бытия четко следует, что именно обретение способности к познанию мира не только делает человека равным Творцу («Один из нас»³ – говорит Бог об Адаме, вкусившем с Древа Познания), но и обрекает его на неустанную деятельность по преобразованию этого мира. (...«Проклята земля за тебя. Со скорбью будешь питаться от нее во все дни жизни твоей; терния и волчцы произрастят она тебе; и будешь питаться полевой травой. В поте лица твоего будешь есть хлеб, доколе не возвратишься в землю, из которой ты взят, ибо прах ты и в прах возвратишься»⁴.)

¹ Горелов А. А., Горелова Т. А. Расщепленный человек и идея всеединства // Человек. – 2004. – № 5. – С. 39 – 40.

² Бородай Ю. М. От природно биологической к социальной и исторической детерминации поведения человека // Биология в познании человека. – М.: Наука, 1989. – С. 96.

³ Бытие, 22.

⁴ Бытие, 17 – 21. Курсив мой – В. Ч.

«Человек – пленник природы, но несмотря на это свободен в своем мышлении», – писал Э. Фромм¹. В культурной традиции человечества сохранилась память о важнейшем поворотном пункте эволюции жизни на Земле – рождение Разума, способного познать и преобразовать мир. И это воспоминание имеет, безусловно, трагическую окраску, ибо вместе со Знанием родился Риск, вместе с желанием перестроить Вселенную на основах Добра – возможность его разрушить по Злой воле или в силу неполноты Знания. И еще одна констатация, Знание в библейской традиции – это предпосылка понимания того, что есть Добро и что есть Зло.

В соответствии с распространенным мнением, обоюдная зависимость обоих факторов эволюционного процесса – генетической и социальной наследственности была – особенно сильной в начальный период становления человека и социогенеза, и затем все более ослабевало в силу значительных различий скоростей биологической и социальной форм эволюции.

О дисгармонии социальных основ человеческого поведения и его биологической конституции, унаследованной им во время миллионнолетней эволюции, как о результате значительной разницы скоростей биологической (более медленной) и социально-культурной эволюции, писал уже Илья Мечников в «Этюдах о природе человека» и «Этюдах оптимизма» в самом начале XX века².

С точки зрения современной теоретической генетики прямые доказательства генно-культурной коэволюции на этническом и родоплеменном уровнях начали появляться в последние десятилетия XX в. Именно тогда были описаны наследственные факторы, преформирующие в племенах бушменов и индейцев агрессивную или миролюбивую реакцию индивида на возникновение конфликтной ситуации. Этот ген (DRD4) контролируют рецепторы одного из медиаторов (нейротрансмиттеров) – дофамина. Ген DRD4 существует в нескольких альтернативных состояниях (*аллелях*), одно из которых предопределяет импульсивное, гиперактивное, а другой – спокой-

¹ Фромм Э. Душа человека. – М.: 1992. – С. 84.

² Мечников И. И. Этюды о природе человека. – М. Госиздат, 1923. – С. 223.

ное поведение в ответ на действие внешних раздражителей. Частота обоих аллелей коррелирует с доминирующим характером поведения, ставшего у племени культурной нормой – воинственным или миролюбивым, установкой на обострение конфликта или уход от опасности¹. Выяснить, какой из двух факторов – генетический или социальный – был первичным, а какой – производным на самом деле не представляется возможным. С одной стороны, случайные генетические различия между племенами могли задать общее направление социальной и культурной эволюции. С другой – различие в доминирующих в родоплеменной общности социокультурных модусах неизбежно отражается на коэффициентах отбора соответствующих аллелей. В конечном итоге социокультурные трансформации отражаются на частоте соответствующих генов, а численное преобладание тех или иных генетических детерминантов является дополнительным условием стабилизации или неустойчивости общего направления исторического развития.

По предположению Н. Н. Моисеева², в ходе неолитической революции направление генетической составляющей антропогенеза раздвоилось. Скотоводческие племена нуждались в постоянных перемещениях в пространстве, поиске новых пастбищ, завоевании новых территорий. Адаптивной стратегией подобных племен являлась неограниченная экспансия.

Земледельческие цивилизации скапливались в долинах рек, выживание общества при этом предполагало жесткие ограничения агрессивности и способность к безоговорочному подчинению занимающим более высокое положение в социальной иерархии индивидов в условиях высокой плотности населения. Адаптивная стратегия в этом случае подразумевала гармонизацию отношений с природной и социокультурной средой.

Соответственно этому «гены риска» и пассионарные генотипы должны были накапливаться в скотоводческих, а альтернативные

¹ Ding Y. C. et al. Evidence of positive selection acting at the human dopamine receptor D4 gene locus // Proc. Nat. Acad. Sci.– 2002.– № 1.– P. 309 – 314.

² Моисеев Н. Н. Судьба цивилизации. Путь разума.– М.: Язык рус. культуры, 2000.– Гл. 1.3.2.

аллели – в земледельческих этносах. Однако западная (техногенная) цивилизация сочетает в себе черты и того и другого культурного и биологического архетипа. Очевидно, и возникла она в результате столкновения и интеграции в единую биосоциальную систему земледельческих и пастушеских культур. Именно в результате этого могла возникнуть качественно новая адаптивная стратегия, которую можно назвать стратегией *устойчивой экспансии*. Сочетание консервативно-охранительных элементов земледельческой цивилизации с агрессивно-ассимиляторскими «культургенами» пастушеских племен сформировало систему социокультурного гомеостаза, основанную на согласовании противоположно действующих факторов. Это и был зародыш современной техногенной цивилизации. Логика отношений с иными племенами и средой обитания в целом оказалась инвариантом, обеспечивающим выживание западного человека в условиях, когда природные ресурсы и возможности самовосстановления биосферы еще значительно превосходят человеческие потребности. При этих условиях природные опасности и социальные риски преодолеваются в результате дальнейшего расширения и углубления познавательно-преобразовательной деятельности человека во времени и пространстве.

Такой исход не был, судя по всему, predetermined и неизбежным результатом антропо- и социогенеза. Равным образом выживание того или иного типа культуры, ее приспособления к окружающей среде, вероятно, не обязательно ведет к гегемонии науки как основы существования человека. Об этом свидетельствует хотя бы история цивилизаций доколумбовой Америки, где наука оставалась не связанной с процессом экспансии, поскольку функционально ассоциировалась преимущественно с обслуживанием религиозного культа и не была вовлечена в технологический прогресс ведения военных действий¹. Однако очевидно и другое обстоятельство: каждый раз при столкновении какого-либо общества с техногенной цивилизацией контакт перерастал в конфликт, а последний завершался гибелью, ассимиляцией или трансформацией традиционного общества.

¹ Козлова М. С. Эволюционная судьба Homo sapiens // Человек. – 2000. – № 1.

В начале XX в. Вернер Зомбарт использовал аналогичные идеи в своем анализе генезиса современной ему стадии буржуазно-капиталистической цивилизации¹. Человек средневековья (XII – XIV в.) не проявлял особой заинтересованности в накоплении денежных средств: «сколько человек расходовал, столько он и должен был заприходовать». Произшедший затем в XV в. перелом, прежде всего во Флоренции и других областях Италии, был обусловлен, по мнению В. Зомбарта, не столько религиозными или экономическими трансформациями, т. е. действием социальной среды, сколько наличием биологической предрасположенности, «унаследованной от предков». Он полагал, что существуют личности двух типов: «предприниматели» – люди, более приспособленные к капиталистической экономике, завоеватели по натуре, первооткрыватели, склонные к рискованным предприятиям, основатели (капитализма) и «торгаши» («мещане»). Существование этих типов личности как в индивидуальном, так и в групповом отношении предопределено генетически и представлено двумя формами альтернативного поведения. Наследственность играет определяющую роль и в судьбе конкретных индивидуумов: В. Зомбарт пишет о наследственной предрасположенности Дж. Рокфеллера, который вел книгу расходов с детских лет. Байрону же, будущему лорду, даже мысль об этом показалась бы безумием. А групповые отличия оказываются настолько важными, что В. Зомбарт считает возможным даже говорить о народах «со слабой предрасположенностью к капитализму» (готы, кельты, испанские иберы), народах – героях и предпринимателях (римляне, норманны, англичане и французы) и народах – торговцах, купцах (флорентийцы, евреи, жители равнинной Шотландии).

Альтернативное объяснение движущих сил генезиса техногенной цивилизации предложил другой немецкий социолог Макс Вебер. Основную роль он отводил не генетическим, а культурным факторам – становлению протестантизма со свойственным последнему особым типом ментальности. Однако и в этом случае новые «культургены» фиксируются вслед за этим в результате авторепликации – социального наследования. В конечном итоге, как мы

¹ Зомбарт В. Буржуа.– М., 1924.– С. 149 – 160.

видим, логика и методология Вернера Зомбарта и Макса Вебера основываются на одной принципиальной схеме, хотя и различаются по форме. Эта схема не противоречит и концепции Н. Моисеева, и последним данным молекулярной генетики.

Необходимо только сделать одну важнейшую, на наш взгляд, оговорку. Достаточно часто действие обоих компонентов генно-культурной коэволюции (биологического и социального наследования) оказывается синергетичным, взаимно усиливающим друг друга, а поэтому – и трудно различимым. Социальная история США – прекрасная иллюстрация этого тезиса. С одной стороны, высылка в американские колонии лиц, вступивших в конфликт с господствующим социально-политическим порядком. Затем – добровольная эмиграция в ставшие независимыми Соединенные Штаты всех, способных оставить насиженное место ради весьма рискованного поиска «лучшей доли» за океаном. И, наконец, освоение чужой страны, экспансия зарождающейся нации на Дальний Запад, дух пионеров-первопроходцев. Селекция носителей соответствующей биологической наследственности и благоприятный культурно-психологический контекст действовали в одном и том же направлении. Аналогичные процессы имели, очевидно, место и в истории России и Украины (Запорожское и Донское казачество, освоение Сибири и Дальнего Востока).

Как бы то ни было, тот глобальный кризис, к которому подошла техногенная цивилизация, в сущности есть следствие «родовых мекток питекантропа» (выражение Н. Н. Моисеева); «несоответствия поведения человека тем техническим возможностям второй природы, которые открывает цивилизация»¹.

По мере прохождения последовательных стадий социо- и культурогенеза развитие культуры и форм хозяйственной деятельности человека обуславливают соответствующие изменения в экосистемах, а последние, в свою очередь, изменяют условия экономической деятельности, шкалу этических приоритетов, мотивацию и направление человеческой деятельности – все то, что принято называть

¹ Моисеев Н. Н. Цит. соч.

духовной и материальной культурой. В размах развиваемого здесь коэволюционно-экологического подхода конфликт между социо- и техногенезом конституировался как экологический кризис.

Как утверждал Н. Н. Воронцов¹, в истории человечества насчитывалось, по крайней мере, четыре таких кризиса.

Так называемый *кризис консументов*², вымирание крупных животных (мамонт, пещерный медведь, пещерный лев и пещерная гиена) в результате чрезмерного промысла первобытным человеком был непосредственно связан с действием антропогенных факторов. Он завершился, как уже говорилось, приблизительно 10 тыс. лет назад так называемой *неолитической революцией* – переходом человечества от охоты и собирательства к животноводству и земледелию, т. е. к созданию искусственных экосистем – *агробиоценозов*³.

Развитие технологии примитивного подсечного земледелия привело к падению биологической продуктивности используемых человеком экосистем и возникновению следующего экологического кризиса – опустынивания значительной части земной поверхности. Результатом этого кризиса стало, во-первых, расширение ареала человека в результате миграции для освоения новых, неистощенных еще земель, и, во-вторых, переход к поливному земледелию там, где было возможным – в долинах великих южных рек – Нила (Египет), Тигра и Евфрата (Месопотамия), Янцзы и Хуанхэ (Китай), ставших колыбелями наиболее древних цивилизаций. Поливное земледелие означало заметный рост урожайности и рост численности человечества. Однако в результате вновь оказалось нарушенным экологическое равновесие, и начался новый цикл падения биологической продуктивности, связанный с интенсификацией процесса опусты-

¹ Воронцов Н. Н. Развитие эволюционных идей в биологии.– М.: Прогресс-Традиция, 1999.

² Консументы – организмы-потребители органических веществ, синтезированных зелеными растениями за счет солнечной энергии. К числу консументов относятся и крупные млекопитающие, бывшие основным источником питания первобытного человека.

³ Агробиоценоз – совокупность организмов, обитающих на землях сельскохозяйственного пользования.

нивания: длительное применение искусственного орошения ведет к засолению почвы, уничтожение травяного покрова домашним скотом, особенно козами – возникновению песчаных пустынь. Экологический кризис поливного земледелия разрешился в результате освоения неорошаемых земельных угодий.

Современный глобальный экологический кризис – тема особого разговора. Уже из его названия следует, что разрыв между темпами социо- и техногенеза оказывается столь велик, что наступают глобальные необратимые изменения в биосфере, ведущие к ее деструкции или переходу в новое стационарное состояние, несовместимое с условиями жизнедеятельности человеческого организма. Таким образом, культуругенез, выполняющий роль связующего звена между биологической эволюцией и научно-технологическим развитием, не справляется со своими функциями.

Глубина и острота коэволюционной составляющей в нынешнем глобальном экологическом кризисе усиливается в силу самопрограммирующего влияния предшествующей истории развития взаимоотношений элементов системы Природа – Общество и Культура – Наука и Технология.

Внедрение новых, основанных на законах классической генетики, технологий селекции («*зеленая революция*») в сельском хозяйстве в 30 – 60-е годы (гетерозисные гибриды, карликовые сорта зерновых и т. п.) повлекли за собой адекватные изменения как структурно-экономической организации, так и ментальности фермеров и бизнесменов. На первый взгляд, не столь уж судьбоносная особенность вновь созданных сортов и гибридов (высокая отзывчивость на использование высокой агротехники, применение удобрений, пестицидов и пр.) в точке бифуркации задали направление эволюции сельскохозяйственного производства на несколько десятилетий. Прежде всего, началось создание специализированных семеноводческих фирм. Вытеснение местных фермерских сортов и пород привело к значительному падению величины генетического разнообразия. Значительно выросла энергоемкость аграрного производства, химическая индустрия получила достаточно мощный стимул. Фермерская психология, отличающаяся большим кон-

серватизмом, стала более открыта к возможности использования противоречащих традициям и «многовековому здравому смыслу» научно-исследовательских разработок. И все это вместе ужесточило требования, предъявляемые к новым сортам, сделав описанные выше характеристики непременным условием успеха на рынке. Включился автокаталитический механизм с положительной обратной связью. Как результат: увеличение энергоемкости сельского хозяйства стало важнейшей составляющей мирового энергетического кризиса 70-х годов; уменьшение биоразнообразия вызвало несколько волн значительного экономического ущерба вследствие появления мутантных форм возбудителей болезней и вредителей и т. д.

Современным примером того же рода может служить развитие компьютерной техники и программного обеспечения, взаимно катализирующих создание и внедрение новых, более «продвинутых» разработок. Результатом становится сверхбыстрое развитие информационных технологий, когда новые их варианты поступают и захватывают рынок быстрее, чем исчерпывается потенциал использования предыдущих. Важнейшим механизмом подобного самопрограммирования в настоящее время выступает реклама, чья первоначальная функция – пассивная информация потребителя – трансформировалась в активное формообразующее воздействие на потребительский рынок.

Вследствие описанной особенности современных высоких технологий пространство выбора векторов дальнейшей социоэкономической и научно-технологической эволюции в точке бифуркации, к которой приближается современная цивилизация, оказалось довольно ограниченным жесткими рамками требованиями естественонаучной и экономической целесообразности:

- 1) сложившаяся в настоящее время социоэкономическая система требует достаточно высоких энергозатрат для обеспечения систем жизнедеятельности и поддержания достойного современного человека образа жизни. Поиски альтернативных, безопасных и экологически чистых источников энергии имеют неопределенные перспективы, сроки создания конкурентоспособных энергопроизводящих систем постоянно перено-

- сятся в будущее (создание термоядерных электростанций ожидалось еще в конце 50-х годов);
- 2) социополитическая и социоэкономическая стабильность в настоящее время обеспечивается широким использованием информационных технологий. Единственной реальной альтернативой компьютеризации здесь выступает, пожалуй, та же геновая инженерия, но уже применительно к человеку, сулящая значительное повышение его интеллектуального потенциала путем перестроек генома (что также встречает отнюдь не однозначную реакцию общественного мнения);
 - 3) решение продовольственного и экологического кризиса не имеет пока альтернативы, кроме развития генно-инженерных технологий. «Экологически чистые» системы земледелия в настоящее время дорогостоящи и пока не обеспечивают достаточный уровень продуктивности, чтобы прокормить растущее население Земли;
 - 4) распространенные в настоящее время болезни (сердечно-сосудистые, онкологические, психоневрологические, диабет и т. д. и т. п.), равно как типичные хромосомные (болезни Дауна, Шерешевского – Тернера, Клайнфельтера, «кошачьего крика») и генные болезни (фенилкетонурия, талассемия, различные анемии, болезнь Тау – Сакса), новые инфекции (СПИД, прежде всего) являются типичными «болезнями цивилизации». Они вызваны либо условиями жизни, и нормами культуры, сложившимися в течение столетий, либо усилением экологического прессинга человека на окружающую среду. Пока только генные технологии дают реальную, т. е. прогнозируемую уже сейчас, перспективу их лечения и профилактики;
 - 5) обеспечение стабильности современной цивилизации и расчет будущих рисков самой разнообразной природы невозможны без поддержания высоких темпов развития науки, прежде всего таких «рискогенных» ее областей, как генетика, физика, химия, несмотря на то социопсихологическое напряжение, которое провоцируют столкновения новых научно-теоретических конструктов с уже существующими ментальными, политическими и этическими доминантами.

Этот анализ весьма схематичен, но для общего штрихового портрета существующего узла противоречий научно-технологического и социокультурного прогресса его уже достаточно.

Начинается третья фаза генезиса «опасного знания» – современная. Развитие науки и технологии изменило характер и масштабы порождаемых ими рисков. Устранение риска ныне оказывается невозможным просто путем разработки новой системы мер техники безопасности. Созданная в последние 200-250 лет система экономических мер прогнозирования и управления риском на основе математической статистики теперь уже не эффективна, поскольку результаты нежелательных событий оказываются необратимыми. В фундаментальной коллективной монографии «Управление риском», подготовленной экспертами Министерства по чрезвычайным ситуациям России и сотрудниками РАН, констатируется: вера, что наука, породив некую рискованную ситуацию, в последующем найдет способы ее устранения, не оправдывается. Возникающие риски проистекают из наиболее современных теоретических и технологических разработок, а способы предотвращения негативных последствий основываются на фундаментальных знаниях и технологиях вчерашнего дня.

Иными словами, включается тот самый механизм цугцванга, о котором говорилось выше. Актуализация опасных последствий конкретной научной разработки в случае неблагоприятного развития ситуации становится «событием, имеющим начало и не имеющим конца, своеобразным непредсказуемым «вольным пиршеством» крадущихся, скачущих и накладывающихся друг на друга волн разрушения. Но ведь это и подразумевает потерю меры нормальности, утрату процедур измерения и, следовательно, реальной основы для расчета опасностей: сопоставляются друг с другом несравнимые сущности, и расчет, исчисление оборачиваются лишь затемнением рассудка», – язвительно пишут авторы упомянутой монографии¹. Временной разрыв между возникновением риска и его разрешением становится не просто хроническим, он растет, асимптотически стремясь к бесконечности.

¹ Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. – М.: Наука, 2000. – Гл. 1.

Итак, в соответствии с описанной моделью в коэволюции антропо-, социо- и культурогенеза активная роль неизбежно принадлежит последнему. Во-первых, человек чем дальше, тем в больших масштабах вынужден сознательно регулировать эволюцию собственного генома в частности и эволюционные процессы в биосфере вообще. Во-вторых, решение первой задачи подразумевает соответствующие изменения ценностных приоритетов и этических норм, распространение их с отношений между людьми на отношения между обществом и природой, в конечном счете, – создание социальных и политических структур, контролирующих антропогенные воздействия на природу и прогнозирующих результаты такого воздействия¹. Иллюстрацией преформирующего доминирования влияния социокультурной эволюции относительно генетической составляющей антропогенеза служит высказывание российского генетика Ю. П. Алтухова: «Динамика генофонда диктуется не наследственностью, а социальным процессом. Он первичен. А структура генофонда меняется, отвечая на изменения в социуме. Поэтому все зависит от нас. Человеку дана свободная воля, ему выбирать между добром и злом»².

На завершающих стадиях антропогенеза – его трансформации из биологической формы эволюции в социально-культурную – механизмы экологического гомеостаза подвергаются постепенной, все ускоряющейся деструкции. Возникает ноосфера, механизмы гомеостаза которой еще не сформировались. Этот временной разрыв, когда стабильность биосферы уже близка к минимуму, а ноосферные механизмы саморегуляции еще не могут обеспечить достаточный уровень стабильности, привел к тому, что глобальный экологический кризис грозит перейти в фазу глобального кризиса человеческой цивилизации³. В такой трактовке проблема коэволюции человека и природы становится в первую очередь социально-культурной

¹ Поттер Р. В. Биоэтика: мост в будущее. – К.: Вадим Карпенко, 2002. – 216 с.

² Алтухов Ю. П. Монолог о генетике // Человек. – 2003. № 6. – С. 26.

³ Кордюм В. А. Биоэтика – ее прошлое, настоящее и будущее // Практична філософія. – 2001. – № 3. – С. 4 – 20.

и лишь затем технологической, и естественнонаучной проблемой. Познание человеком закономерностей собственной биологической эволюции и разработка технологических основ контроля и изменения собственного генофонда становится все более актуальной.

Таким образом, на протяжении десятков тысяч лет к бинарной связке двух взаимозависимых форм эволюции интенсивно интегрируется третий компонент – технология. Техногенная цивилизация, безусловно, оказывает интенсивное, масштабное и глубокое воздействие и на многообразие человеческой индивидуальности, и на их социальный статус и социальную роль. Это влияние, с точки зрения гуманистической традиции, достаточно многовекторно в статическом и непостоянно в динамическом аспектах. Наука и так называемые «высокие» технологии (в том числе – генетическая инженерия) становятся формообразующим фактором по отношению к индивидуальным и групповым поведенческим модусам в различных сферах социальной жизни, подчас достаточно отдаленных от них в содержательном отношении.

Условия современного производства предъявляют прогрессирующе ужесточающиеся требования к вовлеченному в него «человеческому фактору». Эти требования касаются уже не только социобиологических составляющих (где ведущим фактором формирования признака служат социальные модификации генетически детерминируемой нормы реакции), но и собственно биосоциальные характеристики (генетические детерминанты) индивидуума, вытесняя за пределы адаптивной нормы в область патологии те фенотипы, которые в традиционных (доиндустриальных) социумах имели приспособительное значение как в индивидуальном, так и групповом аспектах.

Одной из ярких иллюстраций этого служит изменение отношение общества к способности отдельных личностей входить в состояние эмоционального аффекта, видений и т. п. явлений человеческой психики («божественное безумие», божевілля – «божья воля», в украинском языке). Их адаптивное значение, повышающее шансы если не отдельных носителей таких признаков, то по крайней мере социальных общностей, к которым они принадлежали, подтвержда-

ется многочисленными примерами, которые можно позаимствовать из истории или художественной литературы (герои Гомера, Жанна д'Арк, персонажи Пушкина и Достоевского). Отметим, что именно на таких личностей падала роль харизматических лидеров или хранителей и выразителей религиозно-этических ценностей (Христос, Мохаммед, Будда). Не случайно связь гениальности и безумия была одним из ключевых мотивов как конкретно-биологических, так и социально-философских рефлексий XIX века ¹.

Эволюционная природа феномена «опасного знания»

Российский экономист Н. Д. Кондратьев создал теорию больших экономических циклов, согласно которой направление экономики претерпевает закономерную смену фаз развития, в результате которой период роста экономической активности сменяется фазой депрессии. Продолжительность каждого цикла составляет приблизительно 60 – 70 лет. И при этом фаза экономического подъема, как правило, инициируется кардинальными технологическими инновациями и сопровождается ростом социальной напряженности, политическими кризисами и конфликтами, тогда как на нисходящей ветви цикла особых социальных потрясений не происходит². Уже здесь в неявном виде присутствует тезис о научно-технологических инновациях («опасном знании») как одном из источников социального риска. Равным образом это касается и констатации роли несовпадения скоростей научно-технологического развития и социокультурной адаптации как одной из главных причин этого явления.

С течением времени подобного рода трактовки механизмов возникновения социального риска, в том числе связанного с развитием науки, отмечается многими исследователями. Ныне они стали одной из доминирующих тем социологических, экономических и политологических концептов.

¹ Сироткина И. Е. Мозг гения // Человек.– 1999.– № 4-5; Сироткина И. Е. Психопатология и политика // Вопр. истории естествознания и техники.– 2000.– № 1.

² Цит по: Задорожний Г. В., Рудіка О. В. Інноваційний потенціал підприємства при переході до економіки знань: зміст і комплекс показників оцінки // Соціальна економіка.– 2004.– № 3.– С. 113 – 124.

И происходит это каждый раз, когда их авторы обращают внимание на «роковое» значение фактора времени в инициации и решении рискованной ситуации. Так, например, О. Н. Яницкий, неоднократно цитируемый в настоящем исследовании, пишет¹: «В глобализирующемся обществе риска существенно возрастает *цена времени*² как параметра любого социального действия. Нельзя переждать, перетерпеть проблему, этим обществом порождаемую... Чем дольше оттяжка,.. тем выше плата за риск. Поэтому необходима постоянная и интенсивная рефлексия, всесторонняя оценка, конструирование новых средств защиты. Проблема времени имеет также культурное измерение. Мы привыкли говорить о культуре как хранилище ценностей, знаний, умений, т. е. интеллектуальных и моральных благ. В условиях нарастающей скорости перемен культура просто не успевает отвечать на вызовы, порождаемые все новыми рисками. И тогда культура отступает, «санкционируя» архаичные ценности и силовые практики». Итак, источник риска – разрыв единой системы коадаптации между эволюционирующими системами. Результирующий вектор эволюции науки, общества, природы перестает быть равнодействующей процессов их взаимной адаптации, атрибутом целостной системы, он определяется исключительно имманентными закономерностями наиболее быстро изменяющегося элемента. В техногенной цивилизации таким элементом, как мы видим, являются наука и технология.

Методология научного исследования XVIII – XIX вв. подразумевает объективизацию полученной информации, ее освобождение от личностных особенностей субъекта познания. Постнеоклассическая наука конца XX – начала XXI века рассматривает исследуемые системы как комплекс, неотъемлемой частью которого является сам действующий субъект³. На смену одномерной модели развития

¹ Яницкий О. Н. Россия как общество риска: методологический анализ и контуры концепции // ОНС: Обществ. науки и современность.– 2004.– № 2.– С. 7.

² Курсив О.

³ Степин В. С., Горохов В. Г., Розов В. А. Философия науки и техники.– М.: Контакт-Альфа, 1995.– С. 36 – 40.

человечества, исходящей из оппозиции Человека и Природы, приходит коэволюционная.

Естествознание одновременно участвует в двух циклах эволюционного преобразования социокультурной информации – *Природа ∪ Наука ∪ Общество*. В одном цикле критерием эволюционного успеха оказывается адекватное отражение научной теорией объективной действительности, в другом – ее способность обеспечить удовлетворение потребностей и интересов индивидуумов, социальных общностей, общества в целом.

Соответственно этому в системе *ЧЕЛОВЕЧЕСТВО – СОЦИО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА* наличествуют по крайней мере два транслятора, обеспечивающих преобразование («очеловечивание» и «социологизацию») информации в адаптивную стратегию человека. Первым таким транслятором выступает фундаментальная наука – посредством просвещения, образования и популяризации. Вторым универсальным транслятором, как уже говорилось, является этика, посредством которой научные знания преобразуются в цели человеческой деятельности и способы их достижения. Обе эти составляющие, определяют на паритетных началах выбор научной концепции из совокупности относительно адекватных вставшим перед наукой проблемам.

Таким образом, отношения в связке наука – этика обеспечивает социуму известную гомеостатичность при сохранении достаточной способности науки приспосабливаться к непрерывно меняющемуся миру.

С другой стороны, та же самая связка оказывается незастрахованной от конфликтов, крайне деструктивных и для науки, и для общества. Как правило, подобные конфликты проявляются как феномен «политизированной (идеологизированной) науки», и развиваются по типу цикла с положительной обратной связью до тех пор, пока альтернативные механизмы социального гомеостаза не смогут вернуть развитие ситуации в рамки адаптивного ответа¹.

¹ Механизмы инициирования, пролиферации и терминации феномена политизированной науки проанализирован нами ранее на примере так называемой «мичуринской генетики» в бывшем СССР (Чешко В. Ф. Наука и государство.

Интеграция «человеческого фактора» в методологию науки (т. е. в самый способ получения нового знания) влечет за собой внедрение аксиологического по своей природе компонента – «социальный риск» – в содержательную ткань научных теорий. Объектом научного исследования все чаще становятся саморазвивающиеся неравновесные системы, приобретение информации о которых сопряжено с их необратимыми трансформациями.

Экология и генетика оказались теми областями современного естествознания, где эта тенденция проявляется наиболее резко. При этом обе эти науки смогли разработать два альтернативных методологических подхода к исследованию и решению подобного рода проблем – теорию сложных экосистем и теорию генетической информации. Оба подхода находят применение для описания и объяснения поведения эволюционирующих неравновесных систем и оказываются в значительной мере дополнительными по отношению друг к другу.

В коэволюции социума, науки и технологии изменения ментальности и научный прогресс могут рассматриваться как сопряженные процессы репликации и преобразования социокультурной информации. Элементарный шаг коэволюции системы наука – культура можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} S_1 &\rightarrow S_2 \cup T_1 \rightarrow T_2; \\ T_1 &\rightarrow T_2 \cup VP_1 \rightarrow VP_2; \\ VP_1 &\rightarrow VP_2 \cup M_1 \rightarrow M_2; \\ M_1 &\rightarrow M_2 \cup BM_1 \rightarrow BM_2, \end{aligned}$$

где S_1, S_2 – развитие науки; M_1, M_2 – эволюция ментальности; T_1, T_2 – смена технологий; VP_1, VP_2 – трансформация ценностных приоритетов; BM_1, BM_2 – эволюция поведенческих модусов.

Обратное формообразующее влияние эволюционирующей ментальности на научное развитие является симметричным отражением первой схемы:

Методологический анализ социальной истории науки (генетика и селекция в России и Украине в советский период).– Харьков: Основа, 1997.– 370 с.; Cheshko V. T. The initial stages of the mendelism-lysenkoism clash in the Ukraine // Folia mendeliana.– 1999.– No 33-34.– P. 71-78).

$$\begin{aligned}M_1 &\rightarrow M_2 \cup BM_1 \rightarrow BM_2; \\M_1 &\rightarrow M_2 \cup VP_1 \rightarrow VP_2; \\VP_1 &\rightarrow VP_2 \cup S_1 \rightarrow S_2; \\S_1 &\rightarrow S_2 \cup T_1 \rightarrow T_2.\end{aligned}$$

Разумеется, взаимное влияние науки и ментальности может осуществляться и непосредственно (образование, популяризация) $S_1 \rightarrow S_2 \cup M_1 \rightarrow M_2$ и $M_1 \rightarrow M_2 \supset S_1 \rightarrow S_2$, однако и в этом случае изменения ментальности преломляются в соответствующих изменениях этических норм и приоритетов.

Поведенческие и технологические модусы в этом случае выступают эквивалентами адаптивных стратегий. Этические приоритеты служат датчиком несоответствия между научно-технологическим прогрессом, с одной стороны, и доминирующими ментальностями и поведенческими стереотипами – с другой. Одновременно эволюционное преобразование моральных норм и ценностных стандартов обеспечивает преодоление таких несоответствий и взаимную адаптацию менталитета и научно-технологических инноваций.

Рассмотрим механизм этого взаимодействия на конкретном примере. Как показывают специальные социологические и исторические исследования¹, «три “большие” метафоры связывают пространство биологического и социального дискурса. Это метафоры *организма, борьбы за существование и эволюции*... Образные выражения и ключевые слова, воплощающие эти идеи, приобретают наддисциплинарный статус духовных универсалий эпохи». Они стали «универсальными идейными конструктами, мировоззренческими формами, в которых развивается человеческая мысль...»²

К этому списку – *борьба за существование/естественный отбор, организм, эволюция* – с нашей точки зрения, необходимо добавить еще одну – *генетическая информация/программа*.

¹ Biology as Society, Society as Biology: Metaphors / Ed. by S. Maasen, E. Mendelsohn, P. Weingart. Dordrecht.– Kluwer Academic Publishers, 1995. Выделено нами – авт.

² Шмерлина И. А. Биологическая метафора в социологии // Социол. Журн.– 2001.– № 4. Выделено нами – авт.

Именно последний образ в настоящее время обладает наибольшим формообразующим потенциалом (во взаимодействии с метафорами отбора и эволюции), существенно сузив сферу влияния и ослабив значение «организма» как стержневого элемента современных социополитических и идеологических конструкций.

Таким образом, взаимосвязь биологии и политологии приобретает глобальную культурно-философскую составляющую, и становится одним из факторов, определяющих вектор будущих трансформаций цивилизации.

Но в той же (или почти в той же) мере политические и ценностные интерпретации влияют на эволюцию теоретико-методологического фундамента науки, а через него – и на собственно процесс научного познания, получение и теоретическое осмысление экспериментальных данных.

Проблема соотношения индивидуальной и групповой изменчивости *a priori* может быть интерпретирована в рамках двух альтернативных генетико-популяционных моделей.

Первая из них за исходный пункт берет индивидуума (генотип). Вариации индивидуальных личностных характеристик в этом случае рассматривается как популяционный – генетический и социокультурный полиморфизм, обеспечивающий социальную стабильность и эволюционно-культурную пластичность.

Вторая модель выделяет внутри полиморфного вида *Homo sapiens* надорганизменные популяционные биологические целостности – **расы**, чьи среднестатистические характеристики возникли в результате адаптации к специфической экологической и социокультурной среде.

Если придерживаться методологических установок классической науки то вопрос об объективном существовании человеческих рас необходимо решать в рамках собственно естествознания, «очистив» содержание этого понятия от политических и этических наслоений. Но вот парадокс: именно представители так называемого «научного расизма» в настоящее время и настаивают на соблюдении принципа «демаркации». Филипп Раштон в своей книге «Расы, эволюция и поведение» пишет: «Данные биологии показыва-

ют, что расы – это не социальный концепт. Эксперты-криминалисты могут идентифицировать представителя определенной расы по особенностям скелета или даже по отдельной кости, крови, волосам семени и т. д. Сомнения в существовании рас ненаучны и нереалистичны»¹. По его мнению, эти сомнения проистекают из смешения политического равноправия и биологической идентичности.

В целом с последним выводом можно согласиться. Тезис о наличии генетической предрасположенности тех или иных модусов социального поведения, интеллекта, социального статуса, личностных особенностей воспринимается Западной демократией в настоящее время, как посягающий на исходную политическую доктрину – независимо от степени собственно научной (экспериментальной и логической) обоснованности, т. е. как одна из разновидностей «опасного знания».

Итак, *интеграция аксиологических компонентов в логический каркас научных теорий способность науки выполнять свои социальные функции, определяется пластичностью ее категориального аппарата. Под этим термином здесь понимается способность теоретической конструкции обеспечивать согласованность критериев **внешнего оправдания** (соответствия данным чувственного опыта), **внутреннего совершенства**² (логической непротиворечивости) и **соответствия ценностным приоритетам** или, по крайней мере, **аксиологической нейтральности***. Пожалуй, в этом – основное отличие эпистемологической ситуации постнеклассической («человекообразной») фазы развития науки. В эпоху господства логического позитивизма этическая нейтральность научного знания считалась константой, которая автоматически «выводилась за скобки» в процессе верификации.

Если соблюдение этого условия оказывается невозможным, становится неизбежным превращение науки в источник социального риска – «опасное знание» 4-го типа по принятой в настоящем ис-

¹ Rushton J. P. Race, Evolution, and Behaviour: A Life History Perspectives. 2nd special abridged ed.– Port Huron, 2000.– P. 92.

² Используется терминология Альберта Эйнштейна.

следовании классификации (см. раздел Феноменология и онтология «опасного знания»). В этом случае человечество оказывается в зоне бифуркации: либо эволюционное преобразование базисных ментальных установок и идеологических доктрин, либо их революционная замена, либо стагнация соответствующих научных направлений и превращение соответствующих научных дисциплин в псевдонауку.

Сказанное в целом касается и отношений современной теоретической генетики и доктрины эгалитаризма. Очевидно, естественнонаучным фундаментом современных интерпретаций концепции политического эгалитаризма может стать не постулат (унаследованный современным менталитетом) о биологической однородности всех членов общества, а безусловный приоритет сохранения генетического разнообразия человеческих популяций. Модель популяционной структуры, предложенная Ф. Добржанским, в целом исходила из положений, удивительным образом, гомологичных принципам политического плюрализма и гражданского эгалитаризма¹. Приняв в качестве исходного тезис о том, что эволюционный потенциал вида основан на значительных резервах наследственной изменчивости, Ф. Добржанский сделал следующий логико-методологический шаг. По его мнению, сохранение достаточного уровня генетического разнообразия (полиморфизма) и процесс эволюции имеют один и тот же источник – естественный отбор, основанный, в конечном итоге, на более высокой приспособленности гетерозигот и локальной пространственно-временной неоднородности среды обитания. Прямым следствием этой концепции, как полагает один из самых известных авторитетов в области генетики, является тезис о большей жизнеспособности общественных систем, поддерживающих и сохраняющих интересы отдельных индивидуумов и социальных групп (в противоположность доктрине государства «монолитного единства» – генетического, расового, национального).

¹ Dobzhansky T. The Biological Basis of Human Freedom. N.Y., 1956; Dobzhansky T. The Myths of Genetic Predetermination and of Tabula Rasa // Perspectives in Biology and Medicine.– 1976.– Vol 19.– № 2.– P. 156 – 170.

Отождествление и ассоциация в свете современных генетических представлений социально-политического равенства с генетической идентичностью, а неравенства – с биологической неравнозначностью отдельных индивидуумов основаны на логической ошибке. Генетическая мономорфность сделала бы всех людей взаимозаменяемыми, полностью идентичными элементами социальной машины. Если все генетически идентичны, то следует ли из этого, что все равны? Более внимательное рассмотрение показывает, что все не так просто. Равенство между людьми важно именно вследствие генетического разнообразия, а не вопреки ему¹.

Решение противоречия генетический редукционизм–политический эгалитаризм не снимает, таким образом, конфликта между развитием генетики генетических технологий, с одной стороны, и ментальностью современного человека, с другой. Оно лишь меняет характер и содержание коллизий, возникших между естествознанием, технологией и социумом. Акцент на социально-политической необходимости поддержания генетического и социального разнообразия в популяциях и обществе, направляет негативистскую ментальную реакцию против определенных репродуктивных технологий, которые ассоциируются в массовом сознании с ограничениями такого разнообразия. Первым номером этого списка является клонирование человеческих существ, которое остается пока единственным направлением генетических исследований, на развитие которых ответом социума становятся безусловные административные или законодательные запреты. Возможно, ограничение генетического разнообразия служит одним из существенных мотивов такого социально-политического сопротивления. П. Ремси, которого можно безусловно отнести к сторонникам реализации евгенических программ на современной научной основе, накануне рождения генетической инженерии, заявил, что высшим этическим приоритетом должна считаться уникальность человеческой личности – со-

¹ «Если бы все люди были генетически сходны между собой, как монозиготные близнецы, равенство стало бы бессмысленным»,– писал Ф. Добржанский (Добржанский Ф. Мифы о генетическом предопределении и о *tabula rasa* // Человек.– 2000.– № 1).

циальная и генетическая, существованию которой, в свою очередь, противоречит использование методики клонирования человеческих существ.¹

Впоследствии этот тезис стал одним из основных доводов против использования данной репродуктивной технологии. В такой форме, однако, этот конфликт оказывается, на наш взгляд, более локализованным как по широте, так и по глубине, увеличивая гомеостатичность системы «наука–общество» и снижая вероятность «сползания» ситуации к кризисному эволюционному сценарию.

Следует, правда, отметить, что причины распространенности мнения об исключительном значении внешней среды (по сравнению с генетической конституцией индивидуума) для формирования каждой конкретной личности как необходимого условия жизнеспособности политической системы, основанной на принципах демократии и равноправия, связаны с эволюционной историей современного менталитета. Они не сводятся, как полагал Ф. Добржанский, к тому, что «либералы и поборники равноправия дали своим противникам провести себя. Поскольку последние верят в генетическое предопределение, то первые (от противного) поддерживают миф о *tabula rasa*». На самом деле ассоциация доктрины эгалитаризма с постулатом о биологической равнозначности отдельных индивидуумов произошла, если можно так выразиться, в результате стохастического совпадения или концептуального дрейфа (по аналогии с генетическим дрейфом). Однако, став центральным элементом ядра новой идеологической системы и сформировавшегося на ее основе менталитета, этот постулат стал, в значительной мере, определять взаимодействие политического эгалитаризма с другими социально-культурными парадигмами, а вместе с этим, и характер социально-психологической реакции на новую реальность, в том числе, на психогенетику и на исследования генетики поведения человека. Миф о «*tabula rasa*» оказался достаточно жизнеспособным именно в силу своего облигатного паразитизма по отношению к идеологии эгалитаризма, которая заметно поддерживает его жизнеспособность в

¹ Ramsey P. Fabricated Man. The Ethics and Genetic Control.– New Haven; London: Yale Univ., 1970.– P. 15, 79 et al.

системе современной ментальности. Принцип генетического разнообразия в современных условиях способствует, в значительно большей степени, формированию высоко гомеостатичных и адаптивно-пластичных характеристик социальных систем, основанных на принципах демократии и плюрализма.

В ходе антропогенеза появляются новые (помимо отбора) механизмы, обеспечивающие согласованность и соразмерность эволюционного процесса, причем возникает новое свойство самоорганизующихся систем, включающих в себя человека, как наделенную Разумом «элементарную единицу эволюции» – *телеологичность* (целесообразность, в данном контексте – сознательный выбор наиболее «желательного» сценария будущего из нескольких возможных): «ценности – это коды, которые мы используем для того, чтобы удержать социальную систему на некоторой линии развития, которая выбрана историей. Система ценностей всегда противостоят дестабилизирующим эффектам флуктуаций, которые порождаются социальной системой», – писал Илья Пригожин¹. Он стал (наряду с Г. Хакеном и некоторыми другими учеными и философами²) у истоков новой науки – синергетики, предметом исследований которой стала эволюция самоорганизующихся открытых неравновесных систем. Коэволюция и самоорганизация являются взаимосвязанными понятиями, поскольку под последней понимают становление новой целостной системы, протекающей вследствие сложного и одновременно согласованного развития элементов исходной системы, выступающей по отношению ко вновь возникающей в роли экологической среды³.

¹ Пригожин И. Природа, наука и новая рациональность // Философия и жизнь.– Вып 7.– М.: Знание, 1991.– С. 36.

² Подробнее см.: Хакен Г. Синергетика.– М.: Мир, 1980; Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой.– М.: Прогресс, 1986; Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам.– М.: Мир, 1991.– 240 с. Синергетическая парадигма.– М.: Прогресс-Традиция, 2000; Методология биологии: новые идеи (синергетика, семиотика, коэволюция).– М.: Эдиториал-УРСС, 2001.– 264 с. и др.

³ Добронравова И. С. Причинность и целостность в синергетических образах мира // Практична філософія.– 2003.– № 1.– С. 6 – 10.

Появление нового элемента, становящегося новым центром самоорганизации (*аттрактором*), определяет вектор и траекторию дальнейшей эволюции всей системы. Возникновение нового мощного аттрактора может перевести ее в состояние неустойчивого равновесия и любая случайная флуктуация оказывается способной вызвать необратимую лавинообразную перестройку существующей организации эволюционирующей системы¹. В этом качестве могут выступать объекты самой различной природы, причем новые идеи, в том числе возникающие в результате научного прогресса, принадлежат к числу наиболее мощных аттракторов. То же самое можно сказать и о природе флуктуаций – изменения климата, экологические или техногенные катастрофы, стихийные бедствия, социальные и политические конфликты (в том числе и военные).

С учетом этого можно дать новое определение понятию «опасное знание», которое будет уже не феноменологическим описанием, а вскрывать его природу. *«Опасным знанием» может быть признана любая научная или научно-технологическая информация, которая в случае своего распространения становится аттрактором, увеличивающим вероятность необратимых изменений организации биосоциальной природы Разумной Жизни, носителем которой является человечество, и предeterminированной ходом культурно-биологической коэволюции системы общечеловеческих ценностных приоритетов.*

¹ Лутай В. С. Синергетическая парадигма как философско-методологическая основа решения главных проблем XXI века // Практична філософія.– 2003.– № 1.– С. 10 – 36.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Техногенная цивилизация и будущее человека

Итак, генезис социальной формы эволюции порождает новую форму эволюционного процесса – технологическую (техногенез). Возникает новая пара коэволюционирующих систем СОЦИУМ ⇔ ⇔ ТЕХНОСФЕРА, в которой исторически более молодая подсистема, эволюционирующая вначале на основе способа передачи и трансформации информации «старшего брата» – социума, с течением времени становится все более автономным и начинает играть активную роль. Технологический прогресс, по справедливому замечанию Ульриха Бека, не нуждается в юридической или политической легитимации. В середине 80-х годов XX в. он провидчески оценил последствия прогресса технологии вообще и медицины совместно с инкорпорированными в нее генными технологиями как «совершаемую потихоньку» (т. е. вне сознательного общественного выбора) «социальную и культурную революцию»¹. А в результате «потребности производства становятся, – как пишут Н. Киселев и Ф. Канах², – иными и высшими, чем потребности человека». Главной ментальной установкой технократической цивилизации есть стремление к прогрессирующему перманентному наращиванию научно-технологической мощи социума, которое служит освобождению человека из-под власти законов биологического воспроизведения».

Концептуализация этой установки как системы логико-мировоззренческих принципов и этико-поведенческих модусов в качестве стратегии выживания произошла в XVIII – XIX вв. (в современной философии эту систему часто называют «проект Просвещения», технократический конструктивизм, или утопический активизм).

¹ Кисельов М. М., Канах Ф. М. Цит. соч.

² Толстохов А. В. Планетарный социум и его эко-будущее // Практична філософія.– 2001.– № 3.– С. 33.

По утверждению одного из современных украинских философов, А. В. Толстоухова, в конечном счете актуализация «проекта Просвещения» имела неожиданные для ее адептов результаты и «привела к тому, что человек стал «не Властелином Мира, а своеобразным Маргиналом Вселенной»¹. В таком виде это утверждение выглядит, на наш взгляд, неоправданно сильным по содержанию. Речь в настоящее время может идти лишь об эволюционной тенденции, только об одном из возможных (хотя, к сожалению, и достаточно вероятных) сценариев будущего. Однако подобные взгляды становятся все более распространенными и из философских изысков интеллектуальной элиты превращаются в элемент массового сознания – факт, достаточно красноречивый с позиций социологического прогноза, основанного на «эвристике страха».

Автономизация техногенеза² означала появление у него двух атрибутов, обеспечивающих, во-первых, собственный специфический механизм хранения, передачи, воспроизводства и трансляции информации, не нуждающемся, хотя бы потенциально, в постоянном присутствии «человеческого фактора» (компьютерная техника) и, во-вторых, способности менять социо-биологическую природу человека, делая ее более «адекватной» реалиям современной цивилизации, проистекающих, прежде всего, из имманентных потребностей производственного процесса, связь которых с собственно интересами отдельных личностей и социума в целом становится отнюдь не очевидной и позитивно-корреляционной (генетические и репродуктивные технологии).

Часть футурологов не видит в этой тенденции ничего трагичного, считая ее естественным результатом эволюционного процесса, предвестником перехода от человека к иным формам Разума, чье возникновение станет возможным в результате сочетания новей-

¹ В XIX в. зарождающиеся предпосылки этого процесса, очевидно, были осмыслены В. Гегелем и впоследствии развиты О. Шпенглером, Г. Зиммелем, К. Ясперсом, Ж.-П. Сартром как различные варианты концепции **отчуждения** – разрыва изначального единства субъекта и осуществляемой им функции, следствием которой становится извращение природы отчужденной функции.

² Болонкин А. Если не мы, то наши дети будут последним поколением людей // Литературная газета.– 1995.– 11.10.

ших компьютерных и генетических технологий. С различных (конкретно-научной и философско-мировоззренческой) позиций эту идею развивают А. Болонкин¹ (США) и П. Слотердийк (Евросоюз).

Однако последствия актуализации именно этого сценария будущей эволюции человечества будут равносильны генно-культурной катастрофе. Кажется, Фридриху Шиллеру принадлежит афоризм «Любовь и Голод правят миром». Если добавить сюда еще Власть, то мы действительно получим три мотива, комбинации которых исчерпывают все многообразие сюжетов художественной литературы. Наше мировосприятие и мировоззрение, способы познания мира изначально были канализированы тем, что человек как биологический вид есть совокупность размножающихся половым путем и получающими основную информацию об окружающем мире с помощью зрения и слуха организмов с гетеротрофным типом питания, стадным образом жизни с развитой системой социальной иерархии, положение индивидуума в которой не детерминируется исключительно его генотипическими особенностями. Дивергенция «покорение природы» в конечном итоге имеет своим естественным результатом деформацию биосоциальной природы человека².

Западной ментальности присуща четкая дихотомия субъект–объект. Объект – все то что выступает предметом технологии, субъект – таковым быть не может в принципе. Это разделение очевидным образом имеет аксиологическую природу, выявленную еще Иммануилом Кантом. Человек как разумное существо выступает не как средство, а как цель для других разумных существ. Его можно убедить посредством логических аргументов, адресованных его сознанию, но его сознанием нельзя манипулировать посредством технологии.

Отсюда: *одним из наиболее важных типов «опасного знания» выступают те области фундаментального естествознания и гуманитарных дисциплин, на базе которых становится возможным технологическое **манипулирование** личностью – прямое (психосоматическое программирование) и косвенное (генетическая инженерия).*

¹ Вейдле В. В. Умирание искусства.– СПб., 1996.– С. 115.

² Вавилов Н. И. Избранные произведения.– М.: Наука, 1966.– С. 169.

Выражение *«эволюция, управляемая человеком»* введено в научную лексику Николаем Вавиловым («Селекция представляет собой эволюцию, направляемую волей человека»). Чарльз Дарвин устранил Творца из объяснения эволюции, показал, что естественный процесс может вести к тем же самым результатам, что и творческая, созидательная деятельность. Мысль Вавилова идет в обратном направлении – от естественного к искусственному: Человек принимает на себя обязанности Бога-Творца, берет на себя ответственность за судьбу Вселенной. *«Человечество – это эволюция, осознавшая самое себя»*, – выразился когда то Джулиан Хаксли, потомок соратника Чарльз Дарвин и продолжатель их интеллектуальной традиции. Теперь приходится добавить – *эволюция, вставшая перед выбором, «Куда идти?»*

Эволюция живых организмов и эволюция культуры имеют нечто общее. И в том, и в другом случае *эволюция – есть процесс изменения информации, обеспечивающей собственное воспроизводство и воспроизводство материальных носителей информации*. Если в распоряжении людей появилась новая информация, которая существенно повышает их шансы на выживание и продолжение рода, то, используя ее, они могут иметь более многочисленное потомство, которому и передадут свое знание. Распространение информации в этом случае не ограничено биологическим размножением, что и объясняет на порядок более высокие темпы культурной эволюции. *«Культурная эволюция – процесс гораздо более быстрый, чем биологическая эволюция. Один из ее аспектов – глубоко заложенная в человеке (и странным образом – ламаркистская) способность к культурной эволюции путем передачи от одного поколения к другому накопленной информации, в том числе моральных (и аморальных!) критериев оценок»* – писал известный американский эволюционист Эрнст Майр.

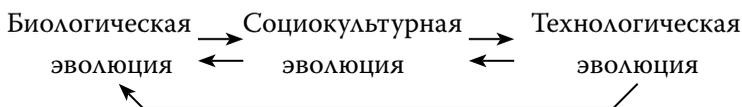
Каждый из нас все в меньшей мере оперирует информацией, получаемой в результате непосредственного взаимодействия с физическим миром, и во все большей степени – имеет дело с информацией, получаемой в результате общения с другими людьми.

Интеллектуально-информационные ресурсы становятся для производства и экономической деятельности, не менее важными, по

крайней мере, чем ресурсы материальные и энергетические. Современная экономическая система превращается в *экономику знаний*.

Для эволюции сознания последствия оказываются еще более значительными. *Сознание (индивидуальное и коллективное) интегрируется в своеобразное информационное облако, соединяющее и разъединяющее его с реальностью. Эта вторичная, полученная от других лиц информация, в результате становится инструментом формирования и манипулирования сознанием (психосоматического программирования)*. Нас все меньше *убеждают* с помощью логических аргументов, нам все в большей степени *внушают* определенные поведенческие стереотипы. На этом основываются социальные – политические и рекламные – технологии.

С изобретением методов генетической инженерии и управления сознанием появляется и чем далее, тем более усиливается тенденция технологизации генетико-биологической и социокультурной эволюции. Вся система становится замкнутой и приобретает крайне неустойчивую конфигурацию



Технология делает нашу генетическую конституцию и содержание нашего сознания предметом рационалистического контроля и управления. *Результат развития обоих видов информационных технологий оказывается единым: технологии манипулирования сознанием (изменения социокультурного кода) и технологии изменения генетического кода являются одновременно **технологиями управляемой эволюции***.

Второе их название – *НИ-НИМЕ технологии* (по аналогии с *НИ-ТЕСН технологиями*). Объектом *НИ-ТЕСН технологий* является внешний мир, Макрокосм, предметом *НИ-НИМЕ технологий* – в конечном итоге сам субъект, Микрокосм.

В интересной, хотя и, на наш взгляд, излишне политизированной, книге российского социолога С. Г. Кара-Мурзы основными атрибутами технологической манипуляции признаются:

- во-первых, обращение с конкретным индивидуумом – носителем Разума не как с самоценной личностью (субъектом), а как со средством достижения некоей, не атрибутируемой с ним самим, цели;
- во вторых, наличие в таком технологическом вмешательстве скрытой от прямого наблюдения со стороны подвергаемой воздействию личности составляющей¹.

Очевидно, в этом значении термин манипулирование предполагает как наличие объекта – того, кем манипулируют; так и наличие действующего субъекта манипулирования, преследующего свои собственные цели, которые являются автономными от интересов «объекта». Однако сходный результат будет получен и тогда, когда вследствие сознательного вмешательства наши мировосприятие, цели, поведенческие модусы необратимым и, возможно, непредвидимым заранее образом изменятся. В этом случае, казалось бы, субъект и объект технологического манипулирования совмещаются. С точки зрения человечества можно говорить (такова диалектическая логика эволюции техногенной цивилизации) о том, что манипулирование сознанием «естественным образом» преобразуется в технику **само-манипулирования** психосоматическим бытием и биосоциальной природой человека.

Однако для гипотетического «постороннего наблюдателя» сопряженной эволюции (био-, социо- и техногенеза) такой субъект все же существует. Наука и технология навязывает социуму и менталитету те модусы и стереотипы, которые связаны не с внутренними закономерностями развития общества и культуры, а с логикой

¹ «Природа манипуляции состоит в наличии двойного воздействия – наряду с посылаемым открыто сообщением манипулятор посылает адресату «закодированный» сигнал, надеясь на то, что этот сигнал разбудит в сознании адресата те образы, которые нужны манипулятору. Это скрытое воздействие опирается на «неявное знание», которым обладает адресат, на его способность создавать в своем сознании образы, влияющие на его чувства, мнения и поведение. Искусство манипуляции состоит в том, чтобы пустить процесс воображения по нужному руслу, но так, чтобы человек не заметил скрытого воздействия» (С. Г. Кара-Мурза, Манипуляция сознанием. – М. : ЭКСМО, 2003. – С. 59 – 60).

научно-технологических инноваций. При этом именно генетические технологии – технологии управляемой эволюции способны стать и становятся (пока в значительной мере – виртуально, т. е. как элемент ментальности современного человека) предпосылкой глобального манипулирования человеческой природой, способной вызвать уже не трансформации, а необратимый разрыв культурной и ментальной традиции.

В этом контексте категории манипуляции и биовласти могут рассматриваться как синонимы. Происходящее («прогресс науки и технологии») выглядит для индивидуума как результат воздействия некоей безликой силы, предписывающей ему (добровольно или насильственно) модусы поведения и формы отправления биологических функций. Биовласть деперсонализируется, отождествляется с обезличенным «существующим порядком вещей», *технология становится псевдосубъектом манипулирования сознанием и био-социальной природой человека.* Как ответная реакция внутри социума развивается негативистское восприятие науки и технологических инноваций, складывается система административно-правовых и финансовых ограничителей. Назначение последних – социальная канализация развития фундаментальных исследований и создаваемых на их основе технологических инноваций. Эффективность их не так уж велика, но они в настоящее время – единственный изобретенный человечеством способ контроля, дающий надежду на то, что Эволюция, управляемая человеком, не станет непредсказуемой с точки зрения изначальных целевых установок, которые, в свою очередь, диктуются социокультурной традицией. Без такой системы предохранителей и противовесов технология управляемой эволюции обратится в свою противоположность.

Граница между потенциальной возможностью (**экзистенциальным риском**) необратимого перехода от одной формы эволюции к другой, в которой человек будет играть роль не субъекта, а объекта познания и технологического манипулирования (точка бифуркации) уже вполне предсказуема теоретически, хотя, повторим еще раз, еще не пройдена и допускает возможность альтернативных траекторий последующей эволюции разумной жизни (в широком зна-

чении этого слова)¹. Впервые человечество столкнулось с ситуацией, когда максимальная скорость социальной эволюции может оказаться недостаточной, чтобы обеспечить сохранение его активной роли в эволюционном процессе в условиях накапливающихся (зачастую необратимых) изменений природной, социальной и технологической «среды обитания» и становящейся вполне очевидной вероятности «навязывания» решения глобальной кризисной ситуации, которое проистекает из имманентных механизмов научного и технологического развития, а не из интересов и свободного выбора (индивидуального и группового) его человека.

Наука и технология как факторы культуры-психологических трансформаций

Приближение духовной эволюции человечества к точке перелома в эволюции мировоззренческих, этических, а впоследствии и ментальных оснований цивилизации прогнозируется многими экспертами – философами, социологами, естествоиспытателями. «Я рассмотрю природу современного европейского гуманизма – человеческое достоинство и фундаментальные права человека, – который сформировал философию современной культуры и современного общества, и я приведу обоснования вывода, что мы должны освободиться (*abolish*) от существенной части современного гуманизма и на пороге нового тысячелетия вновь разработать некую альтернативную философию», базисным понятиям которой будут уже не индивидуальные права человека, а гармония между личностью и обществом – ключевое в мировоззрении Востока, заявил несколько лет назад известный японский специалист Хиакудаи Сакамото². Этот перелом связывается автором приведенной сентенции, пре-

¹ Чешко В. Ф. Генетика, біоетика, політика: коеволюція культурно-психологічних парадигм сучасної цивілізації // Практична філософія. – 2001. – № 3. – С. 44 – 71; Чешко В. Ф. Біоетика і громадянське суспільство // Вісн. НАН України. – 2002. – № 1. – С. 43 – 49.

² Hyakudai Sakamoto. The Human Genome and Human Control of Natural Evolution // Перший національний Конгрес з біоетики, 17–20 вересня 2001 р.: Тези доп.–К., 2001.–С. 5. см. также: Hyakudai Sakamoto. Foundation of East sian Bioethics // EUBIOS.– 1996.– No P. 31 – 32.

жде всего, с прогрессом фундаментальной генетики и генетической технологии. Действительно, по мнению многих генетиков и врачей, развитие этих областей человеческой деятельности демонстрирует все более расширяющуюся пропасть между традиционными религиозными и философскими постулатами, которые в течение тысячелетий были глубинными элементами ментальности (свободная воля, например) и новыми фактами, установленными генетикой (генетическая предрасположенность к тем или иным поведенческим реакциям, включая криминальные и антисоциальные)¹. Безусловно, большинство философов и теологов не согласится с этим и их контраргументы будут выглядеть достаточно убедительно для специалистов-гуманитариев. Но дело в том, что для массового сознания синдром «всемогущества науки» делает ссылки на научные факты более значимыми по сравнению с логическими построениями защитников традиционализма. Но вера в истинность научно установленных постулатов еще не снимает негативной эмоциональной реакции и, следовательно, служит источником «футурошока» и распространения антициентистских настроений, еще одним доводом в пользу необходимости ограничить развитие науки и технологии.

Вектор и траекторию трансформации существующей и формирования новой эволюционной стратегии человеческого общества определит исход взаимодействия нескольких культурно-психологических парадигм, выполняющих функции ментальные доминанты и, следовательно, определяющих модусы поведения человека в современном мире. В фазовом пространстве близ точек бифуркации ментальные доминанты становятся аттракторами, смещение которых друг относительно друга определяет конечную стабильную конфигурацию. Известные российские специалисты в области логики и методологии науки А. П. Огурцов и И. К. Лисеев² предлагают использовать для анализа предпосылок процесса познания понятие *познавательная модель*. Под эти термином (в определенной

¹ Szente M. Human Genome Project and Neuroscience // Global Bioethics.– 2000.– Vol. 13, No 3 – 4.– P. 21 – 28.

² Лисеев И. К., Огурцов А. П. Философия природы: коэволюционная стратегия.– М., 1995.

мере содержательно перекликающимся с парадигмой Т. Куна, но не строго ограниченного кругом дисциплин, в которых возможно их применение) понимаются способы реализации научных идеалов объяснения и познания окружающей действительности: способ задания предметной области и расчленения объекта научного анализа и процедуры и методы самого такого анализа. Можно сказать, что познавательная модель представляет собой некий образ, инвариантную структуру, по аналогии с которой строятся теоретические концепции, объясняющие сущность объектов познания – планет и живых существ, молекул и атомов, клеток и популяций.

И. К. Лисеев выделяет восемь основных познавательных моделей, сформированных наукой к концу XX в. – организменную, семиотическую, механическую, статистическую, организационную, эволюционную, системную и синергетическую (модель самоорганизации)¹.

Доминантами в истории фундаментальной генетики выступили статистическая (мир как совокупность балансов, стохастический баланс), механическая (миры как механическая машина, подчиняющаяся линейным уравнениям), эволюционная. С возникновением молекулярной генетики такой доминантой стала семиотическая познавательная модель – мир как текст, написанный на известном языке, который необходимо расшифровать. А развитие генетических, психологических и компьютерных технологий привело в свою очередь к существенной реинтерпретации и гибридизации семиотического и механического понимания жизни – организм как самовоспроизводящийся процессор, действующий в результате взаимодействия двух типов программ – внутренней (генетической, обеспечивающей самовоспроизводство и функционирование материального носителя) и социокультурной. Такое понимание открывает возможность как для манипулирования человеческой личностью, так в перспективе – его психосоматического конструирования²

¹ Лисеев И. К. Новые методологические ориентации в современной философии биологии // Методология биологии: новые идеи (синергетика, семиотика, коэволюция). – М., 2001. – С. 23 – 24.

² Кордюм В. А. Биоэтика ее прошлое, настоящее и будущее // Практична філософія. – 2001. – № 3. – С. 4 – 20.

путем модификации обеих программ – генетической (генотерапия, клонирование, предимплантационная диагностика и пр.) и социокультурной (нейролингвистическое программирование, например¹).

С учетом сказанного в фазовом пространстве, формирующемся вокруг генетики и генных технологий, как необычайно значимых и очевидных центров социоэкологической и социополитической неустойчивости, наиболее мощными аттракторами являются ментальные установки, проявившиеся на доктринальном уровне как концепции технократического утопизма, политического эгалитаризма (естественных прав человека), генетического редукционизма, эгоцентризма².

Ментальные установки, инициирующие определенные модусы поведения эмоциональный (индивидуальный или групповой) ответ на те или иные события и процессы в обществе и природе, скорее всего, крайне редко принимают вербальную форму, но мотивы поведенческих реакций можно выразить в виде соответствующих афоризмов-символов³:

¹ Технология нейролингвистического программирования излагается в многочисленных руководствах, пособиях и монографиях (см., напр.: Бендлер Р., Гриндер Дж. Рефрейминг: ориентация личности с помощью речевых стратегий: Пер. с англ. – Воронеж: НПО «МОДЭК», 1995. – 256 с.; Гриндер Дж., Бендлер Р. Структура магии. <http://kulichki.com/moshkow/NLP/magianlp1.txt>), философско-антропологический анализ этой и аналогичных технологий приводится в статье: Лукьянец В. С. Практика нейролінгвістичного програмування і проблема свободи // Практична філософія. – 2001. – № 2. – С. 38 – 58.

² Анализ нынешнего состояния конкурентно-коэволюционных отношений тетрады упомянутых выше ментальных установок был проведен нами ранее: Чешко В. Ф. Генетика, біоетика, політика: коеволуція культурно-психологічних парадигм сучасної цивілізації // Практична філософія. – 2001. – № 3. – С. 44 – 71.

³ В массовом сознании, «освобожденные» от контекста, они становятся мифологемами, поскольку и сами научные теории, и философские и политические доктрины, становясь элементами массовой культуры, трансформируются в разновидности вторичного (социокультурного) мифа, и развитие науки и технологии оказывается катализатором процесса современного мифотворчества (Щедрин А. Т. Социотехническое мифотворчество как феномен культуры (история и современность) // Вестн. нац. техн. ун-та «ХПИ». Темат. вып. «Философия». – 2003. – № 2. – С. 105 – 114.)

Политический эгалитаризм – естественные права человека: «Все люди созданы равными,.. человек – сам творец своей судьбы».

Генетический детерминизм – наследственно-родовая предetermination: «Наша судьбы записана в наших генах» (Дж. Уотсон). Если говорить о более древней и общей установке, то в качестве их вербального эквивалента оказываются киплингское «Запад есть Запад, Восток есть Восток, и с места они не сойдут» и «Не властны мы в самих себе» Баратынского.

Технократический конструктивизм – утопический активизм: «Природа не храм, а мастерская, и человек в ней – работник» (у И. С. Тургенева так формулирует свое *credo* Базаров).

Экоцентризм: «Здоровье природных систем должно стать самой первой заботой» (Г. Снайдер).

Подобные смысловые определения позволяют наиболее четко обнажить позитивные и негативные ассоциации стоящих за ними ментальных парадигм.

Очевидно, что между эгалитаризмом и генетическим детерминизмом наличествует явная негативная, а между генетическим редуционизмом и технократическим конструктивизмом – позитивная ассоциации.

В то же время менталитет современного человека включает в себя достаточно амбивалентные и размытые отношения между культурно-психологическими парадигмами – эгалитаризм-экоцентризм, экоцентризм-утопический активизм, экоцентризм-генетический редуционизм, чтобы стало очевидным, что точка бифуркации, за которой сценарий будущего утрачивает поливариантность и становится однозначно детерминистским, еще не пройдена.

Одиозная ассоциация в треугольнике политический эгалитаризм – генетический редуционизм – технократический конструктивизм, канализирующая социальную эволюцию в направлении тоталитарного политического режима, нашла свое художественное отображение в жанре антиутопии. «Бравый новый мир» Олдоса Хаксли можно было бы считать поразительным предвидением будущего, отдаленного на 80 – 100 лет вперед, если бы не историчес-

кие реалии начала 30-х годов – мощного евгенического движения в странах западной демократии и уже ясно прослеживающиеся контуры нацистского переворота в Германии, в основе которого – уникальный, как тогда казалось, случай в новой истории – лежала идеология, в значительной мере опиравшаяся на социальную интерпретацию менделевской генетики¹. История евгеники и расовой гигиены в соответствии с приведенной в начале статьи классификацией относятся к проявлениям «опасного знания» четвертого рода – непосредственному (минуя цепь последовательных трансформаций мир идей ⇒ технология ⇒ условия материальной жизни ⇒ ментальность ⇒ поведенческие модусы) воздействию научных идей на неподготовленное к ним этически и юридически общество – мир идей ⇒ ментальность ⇒ поведенческие модусы.

Отношения экоцентризма и утопического активизма (технологического и социального конструктивизма) достаточно амбивалентны. То же самое можно сказать и о политическом эгалитаризме. Особенно очевидна корреляция оценок с локальным социально политическим контекстом. На Западе эта связь, как правило, позитивна – экологизация производства связывается с расширением демократических процедур принятия решения. В России в эпоху постсоветских политических потрясений в одной из работ «экогеософского» направления политическая система современной цивилизации определялась как «демократия – власть неконтролируемого большинства, мнением которого манипулирует элита» (интересное внутреннее противоречие между «неконтролируемостью» и подверженностью внешнему «манипулированию»). Преодоление глобального экологического кризиса в той же работе сопряжено с переходом к «аксиократии – власти знаний и компетентности Коллективного Разума»².

¹ Payne S. G. A History of Fascism.– Madison: Univ. Of Wisc., 1995.– P. 179 – 181; см. также: Шахбазов В. Г., Чешко В. Ф. Генетика в современном мире (сопряженная эволюция науки и социума) // Труды по фундамент. и прикл. генет. (к 100-летию юбилею генетики).– Харьков: Штрих, 2001.– С. 8 – 23.

² Зубаков В. А. Дом Земля: контуры экогеософского мировоззрения.– СПб., 2000.– С. 95.

По утверждению В. С. Степина, «объективно-истинное объяснение и описание применительно к «человекообразным» объектам не только допускает, но и предполагает включение аксиологических факторов в состав объясняющих положений»¹. Соответственно происходит вращение экстранаучных, аксиологических элементов не только в ментальность научного сообщества и в ткань фактуально-смысловых континуумов, но и в содержание конкретно-научных теорий. Как следствие – становится возможным отторжение тех научных фактов, которые резко противоречат ценностным приоритетам исследователя, и переориентация направлений эволюции фундаментальной науки в соответствии с доминирующими этическими установками.

В концепции «спонтанного сознания» В. В. Налимова понимание смысла новых идей приводит к возникновению нового, статистического распределения смыслов терминов и понятий, «задаваемому всем прошлым личности, ее воспитанием, степенью принадлежности к культуре и пр.». Осмысление новой ментальной ситуации, сопровождается спонтанным возникновением фильтра сознания, модифицирующего (сужающего или расширяющего) возможное смысловое распределение в соответствии со вновь возникшей системой ценностных представлений². По мнению автора концепции, такой фильтр «не создается новым опытом, а привносится личностью», условием его формирования остаются процессы, происходящие в подвалах сознания. Наверное, более точно было бы сказать, что характер смыслового фильтра определяется привлечением тех элементов, которые находятся на границе сознания и подсознания, или, по крайней мере, исходно располагаются за пределами данного фактуально-смыслового континуума.

Очевидно, ментальные ассоциации возникают, прежде всего, между теми элементами, которые имеют близкие или перекрывающиеся зоны статистического распределения смыслов, т. е. на основе

¹ Степин В. С., Кузнецова Л. Ф. Научная картина мира в культуре техногенной цивилизации.– М.: ИФРАН, 1994.– 274 с.

² Налимов В. В. Спонтанность сознания. Вероятностная смысловая семантика личности.– М.: Прометей, 1989.– С. 148.

близости семантических значений. Однако связь между ними может возникать и на основе символических отношений и лишь затем наполняться новым смыслом. В отношении научных брендов и идиом такая косвенная ассоциация обязана своим появлением, не в последнюю очередь, рекламе (не только коммерческой), стремящейся использовать высокий уровень эмоционального ответа, возникающий в ментальности благодаря лидирующему положению определенных отраслей науки.

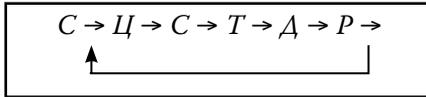
Идиомы, заимствованные из генетических текстов, в силу повышенного внимания со стороны общественного мнения, используются в качестве символов, позволяющих манипулировать массовым сознанием автономно, если не независимо, от их содержания и соблюдения критериев адекватности их применения. То же касается визуальных образов – фотографий, рисунков, схем, графических символов, позаимствованных из популярных статей или учебников. В результате становится возможным установить некую ассоциативную корреляцию, например, между утверждением, что носителем наследственной информации об основных признаках организма является ДНК и такими характеристиками популярной марки автомобиля, как мощность, маневренность или внешний вид, постулатом теории Ч. Дарвина о выживании сильнейших и шампунем против перхоти¹. Аналогичный пример из отечественной практики – использование схематического изображения процесса сингамии (слияния сперматозоида и яйцеклетки) в рекламе популярной среди молодежи, специализирующейся на музыкальных программах, радиостанции.

1 Примеры см.: Simiotopolou K., Xiritiris N. I. The Human Genome Project. The Dominance of Economy on Science-Ethical and Social Implication // *Global Bioethics*. – 2000. – Vol. 13, No 3-4. – P. 43 – 52. Характерен вынесенный в заголовок вывод, к которому приходят авторы цитируемой статьи – греческие антропологи – о преобладании экономических интересов над гуманитарными (этическими и социальными). Технология и экономика из средства обеспечения человеческого существования превращается в его цель. В терминах эволюционной теории – технологическое развитие становится не только автономным, но и преформирует процессы антропо- и социогенеза.

Таким образом, катализаторами процесса образования ментальных ассоциаций служат политизация¹ и коммерциализация науки и технологии.

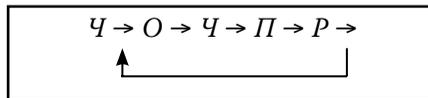
Адаптивная стратегия человечества и сценарии будущего: роль этики

Адаптивная стратегия техногенной (Западной) цивилизации выглядит следующим образом:



Изначально познающий и действующий **Субъект** формирует **Цель** – некий образ мира, в котором он хотел бы жить, затем разрабатывает **Технологию**, т. е. способы достижения **Цели**, реализуемые в процессе **Деятельности**. Полученные **Результаты** сопоставляются с **Целью** и корректируют ее. Этот процесс, очевидно, имеет начальную точку – изобретение каменного топора, но конца у него нет. Это – цикл с положительной обратной связью. Результаты, в силу исторической ограниченности научных знаний – источника технологии, никогда не совпадают с первоначальной целью, значение которой, следовательно, постоянно изменяется, «дрейфует». При этом каждая новая цель требует для своего достижения применения более мощных технологий своей реализации.

Такая стратегия не является единственно возможной. «Этике вида» Юргена Хабермаса, о которой мы говорили выше, более соответствует иная стратегия, истоки которой связаны с генезисом цивилизации восточного (китайского) типа:



¹ Чешко В. Ф. Генетика, биоэтика, політика: коеволюція культурно-психологічних парадигм сучасної цивілізації // Практична філософія.– 2001.– № 3.– С. 44 – 71.

Сначала **Человек** формирует **Образ** мира (естественный порядок вещей) и стремится найти свой **Путь** (дао), чтобы найти в мире подходящее место, органично вписаться в него, не нарушив целостность и гармонию Природы, Общества, самого индивида. Таким образом, ключевым понятием западной стратегии является **прогресс**, восточной – **гармония**. Последний конструкт также предусматривает возможность «открытого будущего» – перманентной социоприродной коэволюции, однако ее течение становится более устойчивым, предсказуемым. Снижается вероятность «революционных» необратимых изменений сложившейся системы отношений и природы составляющих ее элементов.

Кажется интуитивно очевидной большая адекватность «восточной» стратегии реалиям современной фазы развития западной цивилизации. Проблема в другом – насколько безболезненным будет процесс смены стратегий? Будет ли он сопровождаться внезапным радикальным сломом существующих систем ментальных установок, ценностных приоритетов, а следовательно, политическими конфликтами, социальными потрясениями и т. п.? Собственно говоря, решение этой – социологической – проблемы лежит в плоскости методологии: насколько совместимыми в концептуальном отношении являются обе стратегии?

Определим отношение доктрины «опасное знание» относительно рационалистической концепции науки как центрального элемента адаптивной стратегии техногенной цивилизации. Лежащий на поверхности ответ об их оппозиции по отношению друг к другу, на наш взгляд, неверен.

Старейший санкт-петербургский философ и культуролог, вице-президент Академии гуманитарных наук России М. С. Каган совершенно справедливо констатирует необычайно важный факт. Только эволюция «теоретического разума» (в том смысле, который придал этому понятию Иммануил Кант, т. е. науки и технологии), не способна за счет внутренних механизмов саморегуляции обеспечить безопасность и идентичность человеку и человечеству¹. В то же время,

¹ Каган М. С. И вновь о сущности человека // Отчуждение человека в перспективе глобализации мира.– Вып. I.– СПб.: Петрополис, 2001.– С. 48.

«как ни велики были силы мифологического сознания, церкви, инквизиции, тщетными оказались все попытки подчинить себе этот процесс, и в конечном счете религии приходилось признавать научные концепции мироздания, антропогенеза, анатомио-физиологического строения человека. История показала и неспособность политической власти в мощных тоталитарных государствах прервать развитие генетики, кибернетики, социологии»¹. Единственным аттрактором, который способен в потенциале удерживать научно-технологический прогресс в рамках гуманизма, оказывается «практический разум» – этика. «Радикально меняются, – продолжает М. С. Каган², – взаимоотношения обоих «разумов» – то есть познавательной деятельности человека и его ценностного сознания, конкретнее – той его светской формы, какой является нравственная регуляция поведения, а значит меняются и взаимоотношения нравственных критериев практической деятельности и самой этой, преобразующей бытие, практики».

Для человека эпохи становления техногенной цивилизации угроза его существованию и благополучию находилась вовне как в индивидуальном, так и социально-групповом отношении. Доминирующим стереотипом современного восприятия риска есть локализация его первопричины внутри социума – в познавательной и технологической деятельности всего общества и отдельных личностей. Но рационалистическая логика технологического детерминизма не позволяет смотреть на опасности, возникающие в результате человеческой деятельности, как на иррациональный атрибут человеческой природы *per se*, некий «первородный грех» цивилизации. Происходит инверсия доминирующего вектора познавательной и преобразующей активности *Homo faber*, усиление значимости саморефлексии в исследовательской деятельности. (Новая черта постклассической науки, не могущей уже отвлекаться от аксиологической оценки последствий собственных откры-

1 Каган М. С. И вновь о сущности человека // Отчуждение человека в перспективе глобализации мира. – Вып. I. – СПб.: Петрополис, 2001. – С. 48.

² Там же.

тий¹). Отсюда стремление обнаружить и устранить те особенности в поведенческих модусах и их материальную или ментальную основу человечества, которые ведут к социальному риску как следствию научно-технического прогресса. Соответственно три направления рационального поиска источника устранимых цивилизационных рисков можно резюмировать следующим образом:

- 1) реконструкция генома и психики человека, устранение и замещение тех его элементов, которые в новых социоэкологических условиях снижают адаптивный потенциал, и реконструкция геномов компонентов экологических систем всех уровней сложности (генетическая инженерия и нейробиологическое программирование);
- 2) эволюционная или революционная реконструкция системы социально-этических, социоэкономических и политических приоритетов и соответствующих ей идеологических парадигм, которая позволит снять антагонизм между деятельностью человечества в социоэкологической среде и самой этой средой (биоэтика, экологическая этика);
- 3) реконструкция методологии науки, равно как и функций соответствующих социальных институтов – научного сообщества, прежде всего (концепция опасного знания).

Первая стратегия преодоления общества риска в целом лежит целиком в рамках адаптивной стратегии техногенной цивилизации. И ранее стремление к технологическому преобразованию не только окружающего мира, но и собственной природы было достаточно отчетливым, однако ситуация постнеклассической науки в «обществе риска» характеризуется двумя принципиально новыми чертами.

Во-первых, временная глубина такого воздействия, по крайней мере потенциально, выходит за рамки одного поколения и уже в силу этого становится необратимой. Во-вторых, человек как объект

¹ Дж. Холтон как один из признаков классической науки выделяет нерелевантность, отсутствие интереса к поискам смысла собственной деятельности (Холтон Дж. Что такое «антинаука»? Постмодерн в философии, науке, культуре.– Х.: СиМ, 2000.– С. 416).

технологии уравнивается «в правах» с остальными объектами природы – живой и неживой, вопреки известному постулату И. Канта, становится не целью, а всего лишь средством технологии. Наибольшим испытаниям в этом случае подвергаются принципы гуманизма, а следовательно, сама идеология техногенной цивилизации.

Второй и третий варианты решения проблемы подвергают наибольшему прессингу стереотипы прогрессизма и активизма – две других несущих конструкции стиля мышления техногенной цивилизации. В конечном итоге распространение норм этики на экологическую среду и биологические системы, равно как и внесение ценностных компонентов в методологию и практику исследовательской деятельности, означает ограничение технологической и культурной экспансии техногенной цивилизации.

Итак, эволюционная трансформация адаптивной стратегии, а следовательно, и типа цивилизации оказывается достаточно вероятной. Генезис подобной трансформации преформируется внутренними закономерностями самореализации философской и методологической парадигмы западной культуры последних столетий.

Как мы видим, пессимистический сценарий будущего цивилизации ведет к утрате технологией человекообразности, устранению из нее «человеческого фактора» или изменению его биосоциальной природы.

Однако в настоящее время это лишь одна из альтернативных глобально-эволюционных тенденций. Оптимистический вариант будущего допускает сохранение за человеком лидирующей роли в истории Разума и гуманистических идеалов как основы социальной жизни.

Ценой этого может стать смена доминирующей эволюционной стратегии, которая обеспечила бы сохранение за человеческой цивилизацией контроль над остальными сопряженно эволюционирующими системами ноосферы и предотвратила спонтанную (с человеческой точки зрения) трансформацию формы разумной жизни в доступной нашему наблюдению Вселенной. По своей сути это одновременно и когнитивная, и аксиологическая проблема, поскольку предусматривает и исследование возможных социальных рисков,

проистекающих из развития науки, и этический выбор из нескольких альтернативных исходов создавшейся ситуации.

Возможность нахождения приемлемого решения вытекает из двойственной социальной роли науки на современной фазе истории. «Опасное знание», безусловно, порождается научным прогрессом, точнее, несоответствием скоростей прироста научного знания и адаптивной реакции социума. Однако, с другой стороны, именно наука позволяет обществу диагностировать это несоответствие как конкретный социальный риск, дать прогноз его альтернативного развития и, следовательно, сохранить возможность трансформации спонтанно протекающего процесса в результат сознательного политического выбора. В уже цитировавшийся здесь книге «Общество риска» Ульрих Бек писал: «На передний план все больше выдвигаются опасности, которые люди, им подверженные, часто не видят и не ощущают, опасности которые скажутся уже не при жизни самих этих людей, а на их потомках, в любом случае такие опасности, для обнаружения и интерпретации которых нужны «воспринимающие органы» науки – теории, эксперименты, измерительные инструменты».

Автор имел в виду техногенные риски, повышение вероятности техногенных катастроф. Однако, в принципе, это наблюдение относится к любому типу опасного знания. Но если риск технологической модернизации в сфере материального производства (опасное знание первого рода) остается технологической (а следовательно, – естественнонаучной) проблемой, относящейся скорее к сфере конкретной экологии, то в том случае, когда конфликт смещается в область культурно-психологических коллизий (опасное знание второго рода) и глобально эволюционных процессов в ноосфере (опасное знание третьего рода), вся проблема оказывается относящейся к компетенции не только естествознания, но и гуманитарных наук с присущим им собственным понятийно-категориальным и познавательным аппаратом. Уже социальные конфликты, обусловленные внедрением новых технологий и воздействием научных знаний на массовое сознание, требуют двустороннего обмена и перевода семантических кодов между естествознанием и политикой, социологией, философией, психологией, где функцию основного

транслятора, обеспечивающего взаимопонимание между учеными-естествоиспытателями, бизнесменами, политиками, «рядовыми избирателями» берет на себя этика. Возникает область контакта и столкновения двух эпистемологических моделей – физикалистской (естественнонаучной) и социогуманитарной¹, в которой, по наблюдению Р. С. Карпинской и С. А. Никольского, возникают «постоянные колебания между идеалами гуманизма и точного естествознания»². «Два типа ценностей – ценность человеческой жизни и ценность объективного знания оказываются не совмещенными. Они в равной мере имеются в виду, но сохраняется лишь рядоположенность двух культур – естественнонаучной и гуманитарной», – заключают они, полагая, очевидно, это признаком методологического эклектизма³.

Преодоление этого эклектизма становится необходимым условием анализа глобально-эволюционных последствий пролиферации опасного знания в социальную жизнь. Вероятно, на роль методологической парадигмальной основы здесь может претендовать синер-

¹ Явление которое Ю. М. Плюснин удачно назвал «гносеологическим дуализмом» (Плюснин Ю. М. Проблема биосоциальной эволюции.– Новосибирск: Наука, 1990.– С. 21, сл.; Плюснин Ю. М. Проблемы социальной биологии.– Новосибирск, 2001.– 100 с.).

² Карпинская Р. С., Никольский С. А. Социобиология: критический анализ.– М.: Мысль, 1988.– С. 103.

³ Точно такие же, подобные маятнику, колебания отмечаются английским историком науки Роджером Смитом (Смит Р. Человек между биологией и культурой // Человек.– 2000.– № 1) и в исторической перспективе по отношению к оценке роли генетического и социокультурного факторов в формировании человеческой индивидуальности. В 1900 – 1930 гг. на Западе доминировало убеждение, что сущность человеческой личности определяется наследственностью. С 40-х годов возобладали альтернативная доктрина, а последнюю четверть XX в. сопряженно с развитием генетики приоритет вновь возвращается к поиску биологических первооснов культуры. Эти изменения естественным образом коррелируют с развитием политической ситуации. В то же время в их основе, по нашему мнению, лежит методологическая дополнительность обоих подходов к пониманию антропо- и социогенеза, параллельное существование в ментальности двух альтернативных установок, определяющих восприятие человеком своего места во Вселенной.

гетика, позволяющая выявить общие закономерности сопряженной эволюции нескольких неравновесных систем в общем «адаптивном ландшафте».

Таким образом, «человекоразмерность» современного естествознания и порождаемые его развитием все новые и новые разновидности социальных рисков многократно увеличивают зависимость общества от науки, и в то же время усиливают зависимость науки от экстранаучных влияний. Ситуация «опасного знания» уже сама по себе предполагает как теоретическую, так и нормативно-аксиологическую составляющие. Следовательно, исходным пунктом формирования новой адаптивной стратегии *Homo sapiens* в обществе риска становится формирование новой системы коадаптации науки и общества.

Последовательными стадиями этой эволюции оказываются три адаптивных стратегии, определяющих идеологию отношений политики, власти и науки.

Прямая ассоциация научных теорий с интересами определенных политических партий. Восприятие конфликта между новыми научными концепциями и доминирующими в обществе базисными идеологическими установками как антагонистических противоречий, их единственно возможным разрешением принимается элиминация научной концепции опасной для социальной и политической стабильности и устранение ее сторонников в той или иной форме из социальной жизни. Процессы (политические по сути, религиозно-идеологические по форме) Джордано Бруно и Галилея наиболее точно соответствуют этой модели.

Демаркация науки (естествознания) и иных форм духовной культуры. Технократический конструктивизм как эволюционную стратегию можно свести к трем установкам, определяющим соответственно сущность адаптивно-социального поведения, цели и способы их достижения, которые, по утверждению некоторых современных исследователей, «оказались сейчас практически опровергнуты»¹.

¹ Кочеткова Т. Ю. Парадигма саморганизации и современная экологическая ситуация // Практична філософія.– 2003.– № 1.– С. 107. Категоричность высказывания невольно вызывает негативную эмоциональную реакцию, правильнее

Социально-культурный прогресс тождественен технологическому экономическому развитию и мерой последнего служит уровень потребления.

Выживание и процветание обеспечивает человечеству покорение и использование природы в собственных целях.

Способом достижения цели является обеспечение технологической экономической эффективности человеческой деятельности за счет неограниченного роста научного знания.

Научное знание признается этически нейтральным, и общество принимает на себя ответственность, как за Добро, так и за Зло, проистекающее из научных открытий. Переход от первой социально-адаптивной стратегии ко второй диктовался логикой технологического прогресса и спецификой научного познания. С точки зрения социальной философии и политической целесообразности, независимость профессиональной деятельности научного сообщества является необходимым условием осуществления наукой своей социальной функции – производства объективного знания¹, которое становится экономической и политической силой, а следовательно, от его соблюдения зависит эффективность использования науки как инструмента политики.

Гуманизация естествознания. К середине XX в. воздействие науки на природную и социальную среду приближается к порогу, за которым «ошибка эксперимента» или сознательно злонамеренное его использование способно вызвать уже не локальную, но региональную или катастрофу экологического, социально-политического или глобального характера. Одновременно возрастает автономия технологии от иных, эволюционирующих сопряженно с ней систем. Как результат – инициируется тенденция прогрессирующего вме-

было бы говорить о том, что коэволюционный процесс привел к возникновению ситуации, когда стратегия технократического конструктивизма уже не способна выполнять адаптивную роль. Пожалуй, в таком виде это более соответствует эволюционной парадигме самоорганизации, которой придерживается и автор приведенной цитаты (там же, с.108).

¹ Кун Т. Структура научных революций: Пер. с англ.– М.: Прогресс, 1977.– С. 220 – 221.

шательства общества в жизнь научного сообщества. Социальный, политический, экономический контроль распространяется от сферы прикладного технологического использования науки на так называемую «чистую», фундаментальную науку, т. е. на области, ранее наиболее надежно изолированные от посторонних влияний. Наука приобретает черты этической стратификации, проявляющейся в приобретении наиболее динамично развивающимися областями исследований особой системы моральных регулятивов, определяющих результирующий вектор их развития¹.

Новая адаптивная стратегия так или иначе будет равнодействующей трех составляющих:

- адаптация социальной эволюции к новым реалиям бытия, возникшим в результате сочетания научного знания и новых технологий с уже существующими биологическими и ментальными характеристиками *Homo sapiens*;
- адаптация современных и будущих технологий к гуманистической концепции человека как наиболее адекватно отражающей самоценность человеческой личности и человечества в целом;
- адаптация существующей генетической конституции человека к результатам социальной и технологической эволюции.

Выбор конкретного (согласованного и соразмерного) решения всех трех задач подразумевает, в свою очередь:

- определение *цели*, т. е. того сценария/сценариев будущей социобиологической эволюции человека, который он сам признает желательным и оптимальным;
- разработку *методологии*, т. е. теоретической и технологической основы реализации такого сценария будущего развития;
- и наконец, установление *условий и границ применимости* как всей стратегии, так и ее составных элементов.

¹ Вековщина С. В., Кулиниченко С. В. Биоэтика: начала и основания (философско-методологический анализ). – К.: Сфера, 2002. – С. 18 – 19.

Подчеркнем несколько важных мотивов, прослеживающихся в приведенных рассуждениях. Прежде всего, это мотив *выбора*, который придает процессу эволюции некую *телеологичность*, движение в изначально заданном направлении. И наконец – мотив адаптивной стратегии как *самореализующегося прогноза*, который одновременно служит мерилom адекватности избранной стратегии. Все они так или иначе связаны с тем, что (в отличие от стратегии технологического конструктивизма) пролиферация «опасного знания» в ментальность означает переориентацию когнитивного вектора науки извне (познание Природы) внутрь – на анализ последствий собственного развития («рефлексивное онаучивание» по Ульриху Беку).

Таким образом, положение человека как центрального звена в системе природа-социум-технология, участвующего одновременно в биологической, социально-культурной и технологической формах эволюционного процесса, становится амбивалентным в такой мере, что стратегия технологического конструктивизма оказывается неадекватной новой ситуации¹. Поиски новой адаптивной стратегии происходят, таким образом, одновременно в двух плоскостях и на двух уровнях.

¹ Неадекватность стратегии технологического конструктивизма, с точки зрения долговременных интересов выживания человечества, афористично подчеркнул Р. Хиггинс, с полемическим сарказмом заявивший (это утверждение он вынес в заголовок своей книги), что из четырех опасностей для будущего человечества – демографический взрыв, угроза голода (продовольственный кризис), истощение природных ресурсов, разрушение среды обитания, злоупотребление ядерной энергией, побочные последствия развития науки и технологии (т. е. собственно то, что в данном исследовании обозначается термином «опасное знание»), наибольшую угрозу представляет «седьмой враг» – сам человек (Хиггинс Р. Седьмой враг. Человеческий фактор в глобальном кризисе (главы из книги) // Глобальные проблемы и общечеловеческие ценности. – М., 1990. – С. 23.) Но если признать аргументацию Р. Хиггинса корректной, то это, в сущности, и означает, что система элементов духовной культуры, ценностных приоритетов и ментальных установок, служащих основой поведенческих модусов современной техногенной цивилизации (эволюционная стратегия человечества), своей основной функции уже не выполняет.

- Канализация последующего развития высоких технологий с тем, чтобы «приблизить технику к мере жизни, мере человечности» и сохранить «человеческое измерение Разума». ¹ Иными словами, речь идет об оптимизации двухсторонних отношений в связке Технология ⇔ Природа. Симптомом этой ментально-этической трансформации стало появление в последней трети XX в. экономических моделей-концепций «пределов роста», «стабильного развития» и т. п.
- Разработка фундамента новой научной методологии, придания ему аксиологического измерения, синтез естественнонаучной и гуманитарной моделей познания и канализация характера обратных влияний Наука ⇔ Технология ⇔ Человек. Результирующая обоих этих векторов ориентирована на и преодоление существующего сейчас антагонизма ментальных установок и поведенческих модусов технократического конструктивизма и гуманизма.

Итак, первый уровень новой адаптивной стратегии человечества – это новая корпоративная этика научного сообщества и новая система нормативных стандартов, регулирующих отношения социума и научного сообщества, исходящие из базового принципа неотъемлемой ценностной компоненты любого научного знания. Применительно к одной из наиболее конфликтных и рискованных областей современной технологии (био- и генетической технологии и ее теоретического фундамента – генетики и молекулярной биологии) новую стратегию можно определить как **общую биоэтику**. При реализации любой фундаментальной исследовательской программы и научно-технологической разработки, если последние касаются человекообразных областей, элементами вновь формируемой адаптивной стратегии современной науки как социального института являются:

- согласование норм общечеловеческой этики с этикой науки, оценку допустимости тематики, целей и применяемых мето-

¹ Толстоухов А. В. Самоорганізація ноосфери й глобальна екологічна криза // Практична філософія.– 2003.– № 1.– С. 104.

дологических подходов с точки зрения сохранения и укрепления оснований человеческой личности, сохранения и охраны жизни на Земле на всех этапах исследования;

- мониторинг возможных социальных аспектов научного открытия и разработка эффективных методов технического, социального и социально-политического контроля возможных негативных последствий их технологического использования;
- просвещение и обеспечение доступной и адекватной информации осущноститеоретическогоиметодологическогофундамента науки; анализ взаимодействия научных теорий с базисными концепциями и ментальными установками на всех уровнях организации социальных общностей;
- обеспечение возможности адаптации существующих базисных гуманистических концепций к новым реалиям бытия, инициированным научными и технологическими революциями, при сохранении их центрального парадигмального ядра, отражающего биосоциальную природу человека.

В конечном итоге *формирование аксиологически ориентированной стратегии познания внутри научного сообщества за счет его собственных механизмов поддержания социального гомеостаза является необходимым и достаточным условием поддержания не устранимой в полной мере политизации и идеологизации науки на приемлемом уровне, предотвращения чрезмерного социально-политического давления на развитие науки.*

Следующий уровень адаптивной стратегии можно определить как **глобальную биоэтику** – концептуальное выражение новой адаптивной стратегии человечества по отношению к природе и технологии на современной стадии их сопряженной эволюции. Ее принципы находятся в настоящее время на стадии конкуренции нескольких парадигм¹. Возможно, эта ситуация сохранится и в дальнейшем – в силу разнообразия типов культуры отдельных этносов. С другой стороны, формирующаяся культурно-адаптивная страте-

¹ Подробнее см.: Вековщина С. В., Кулиниченко С. В. Биоэтика: начала и основания (философско-методологический анализ). – К.: Сфера, 2002. – С. 36 – 67.

гия, очевидно, должна включать в себя и некие базисные целевые установки – инварианты, подобно тем, которые характеризовали стратегию технократического конструктивизма. В работах, написанных в последние годы жизни, Р. В. Поттер в качестве такой целевой установки формулирует понятие *приемлемого выживания* как целостности двух основных атрибутов: *устойчивое развитие общества* и *устойчивое «здоровье» глобальных экосистем*. Иными словами, приемлемое выживание подразумевает не только обеспечение физиологических процессов жизнедеятельности, но и духовной культуры человечества, сохранения ее гуманистической направленности.

Но изменение этических приоритетов в их системной целостности есть условие необходимое, но не достаточное для трансформации адаптивной стратегии техногенной цивилизации. Реальной силой она станет лишь в результате интеграции в социоэкономический механизм «общества риска».

Есть, по крайней мере, два основания для оптимизма.

Прежде всего, в силу специфики своего предмета эволюция доминирующих парадигм экономической теории в целом оказывается параллельной эволюции методологии естественных наук.

Так же как и в становлении методологии научного познания в целом, историю методологии экономической теории принято разделять на три этапа¹.

1. *Классическая методология (XVIII – конец XIX столетия)* базировалась на лапласовском детерминизме. Цель познания формулировалась как создание объективной картины окружающего мира, существующего вне человеческого сознания и независимо от него. В естествознании это вело к игнорированию тех непреодолимых изменений, которые вызывало в объекте исследования само присутствие наблюдателя и взаимодействие объекта с исследователем и инструментами

¹ Штанько Т. В. Экономический метод: от классической к постнеоклассической рациональности// Вестн. Харьк. нац. ун-та им. В. Н. Каразина.– 2004.– № 625-1.– С. 41 – 45.

исследования. В социоэкономической теории в этот период игнорировались целевые и ценностные установки, политические и этические взгляды как отдельных индивидов – субъектов экономической деятельности, так и самого исследователя. В соответствии с концепцией классика экономической теории Адама Смита деятельность человека в рыночной среде целиком определяется рационалистическими факторами – единым универсальным законом, определяющим, независимо от воли субъекта, постоянный рост общественного богатства.

2. *Неклассическая методология (конец XIX – 70-е годы XX в.).* В научный анализ были вовлечены факты, связанные с особенностями индивидуального поведения человека по достижению поставленных им целей в условиях ограниченных ресурсов, их обеспечивающих. Акцент делался на реальных мотивах и стимулах, поступках субъектов экономической деятельности, хотя сама эта деятельность рассматривалась как сугубо рациональная. Концепция верификации экономической теории почти целиком сводилась к требованию отсутствия логических противоречий. Широкое использование в социоэкономических исследованиях нашли логико-математические и статистические методы анализа и интерпретации полученных исследователем научных фактов.
3. *Постнеклассическая, современная методология (с 70-х гг.)* исходит из постулата относительности и исторической обусловленности любых типов рациональности. Экономическая теория не может быть полностью освобождена от ценностно-этического и идеолого-политического компонентов. Объект и субъект социоэкономического познания включены в цикл прямых и обратных связей. Сам процесс научного исследования влияет на поведение предмета исследования. Результаты исследования отражаются на субъекте познания и изменяют систему целей, которые он преследует. Целевой методологической установкой экономического исследования (как и методологии науки в целом) становится не устранение ценностных и социокультурных компонентов из содержания научной

теории, а их выявление и осмысление. Важное место здесь отводится созданию системы ценностных приоритетов, которыми необходимо руководствоваться в ходе экономического исследования, системы ориентиров, используемых при создании экономических концепций, и/или стратегии экономического развития.

Итак, современная социоэкономическая теория относительно толерантна к идее человекообразности объекта социоэкономического познания.

Далее. Существующие стратегии и практика менеджмента и маркетинга в области научно-технологического развития в целом уже разработали *концепцию партисипативного (интерактивного) планирования*. Ее исходная методологическая установка – *непосредственное участие познающих субъектов (ученых) в «проектировании желаемого будущего и изыскании путей его построения»*¹.

Эта модель, по замыслу ее создателя Р. Акоффа, должна оптимизировать практику управления повседневной деятельностью и перспективным развитием экономического субъекта (фирмы). Однако, на наш взгляд, она имеет достаточно высокий эвристический потенциал.

Ныне наблюдается постепенная эрозия и ослабление политического влияния концепции научного познания, исходящей из социальной автономии ученого – *наблюдателя* за развитием ситуации, возникшей вследствие его исследовательской деятельности в природе и обществе. Генезис «опасного знания» и трансформация техногенной цивилизации в «общество риска», как мы видели, стали мощными факторами, обусловившими прогресс альтернативной модели, основанной на холистическом по своей природе концепте личной ответственности и заинтересованности исследователя – *участника* событий, связанных с социоэкологическими и социокультурными трансформациями.

¹ Акофф Р. Планирование будущего корпорации: Пер. с англ.– М.: Прогресс, 1985.– С. 106; Смоловик В. В. К вопросу о теории социальной экономики // Социальная экономика.– 2004.– № 3.– С. 57 – 68.

*Происходит переход от системы управления наукой к системе управления знаниями*¹. Отличия между ними носят принципиальный характер – управление знаниями подразумевает внутренний контроль научного исследования. Иными словами, ценностный компонент, как уже говорилось, становится имманентным содержанием научной теории, а не просто критерием социоэкономической и политической селекции научно-исследовательской тематики. Человекоразмерность естествознания и человекоразмерность экономической стратегии оказываются взаимообусловленными сменой философской парадигмы: «С позиций антропоморфизма, т. е. путем объяснения явлений по аналогии с практической жизнью и деятельностью людей, совершенно недостаточно считать, что любое новое научное знание, которое проясняет недостатки существующих знаний, оправдывает интересы одной группы ученых и части населения Мира в ущерб остальным, может считаться более прогрессивной и универсальной общественной наукой», – писал недавно один из отечественных экономистов². Отчуждение научного знания (информации) от своего биосоциального носителя (человека) и ее свободная циркуляция в информационных сетях сменяется формированием самоорганизующегося социокультурного контекста. Такой контекст можно рассматривать как своеобразную коллективную память, а точнее – коллективный разум разного уровня сложности. Последний определяет состав и содержание совокупности социально значимых научных концепций. Управление знаниями становится важнейшей функцией государственных и политических структур и одновременно центральным принципом деятельности субъектов рынка.

В соответствии с результатами социологических исследований 2000 – 2002 гг. по крайней мере 75 – 80% фирм-субъектов предприни-

¹ Мильнер Б. З. Управление знаниями. – М.: ИНФРА-М, 2003; Букович У., Уильямс Р. Управление знаниями: руководство к действию. – М.: ИНФРА-М, 2002; Задорожный Г. В., Холин О. В. Управление знаниями как специфика экономики начала XXI века // Социальная экономика. – 2003; Холин О. В. Внутрифирменное управление знаниями как основание инновационного развития // Социальная экономика. – 2004. – № 1-2 др.

² Смоловик В. В. К вопросу о теории социальной экономики // Социальная экономика. – 2004. – № 3. – С. 61.

мательской деятельности в экономически развитых странах мира уже имеют систему управления знаниями, в большинстве случаев (свыше 53%, принятых во внимание фирм) – структурно оформленную¹.

Интеграция систем управления знаниями в менеджмент и маркетинг отдельных фирм позволяет последним, в свою очередь, органично вписаться в социальные структуры общества риска, не вступая при этом в конфликт с доминирующей в настоящее время в обществе системой ценностных приоритетов. Чисто производственная выгода заключается в координации инновационной политики с векторами развития менталитета и мировоззрения современного человечества.

«Избыточное», т. е. не вовлеченное в действующие или в потенциально возможные технологические схемы, знание не является простым результатом научно-технического прогресса. Самим своим существованием оно задает направление развития инноваций, служит источником «перманентного творческого беспокойства»². Обновление и трансформация фундаментальной науки в обществе риска в свою очередь стимулирует превращение инновационной экономической деятельности в «самовозобновляющуюся и самопрограммирующуюся систему»³. Итак, организация управления знанием включает в себя две подсистемы:

- повседневное распознавание, оценка и коррекция рискогенных ситуаций, т. е. определение выполнимости или невыполнимости условий реализации конкретных инноваций с учетом последствий для социоэкологической среды и биосоциальной природы человека (тактическое планирование);
- выбор оптимального вектора инновационного процесса и его интеграции в общий ход социобиологической эволюции человечества с тем, чтобы вероятность актуализации наиболее желательного сценария будущего (стратегическое планирование).

¹ Мильнер Б. З., Цит. соч., С. 114 – 115.

² Холин О. В., Цит. соч., с. 180.

³ Панарин А. С. Стратегическая нестабильность в XXI веке.– М.: Алгоритм, 2003.– С. 429.

Система управления опасным знанием меняет эпистемологическую ситуацию, придавая ей несколько качественно новых атрибутов, отсутствовавших у естествознания классической фазы своего развития.

Социальная верифицируемость научной истины – уже упоминавшийся паритет объективного научного знания и субъективного «здорового смысла», равно участвующих в интерпретации реальности. Как следствие, принципы биоэтики, зародившиеся в медицине (знаменитый кодекс Гиппократова со всеми последующими уточнениями и трансформациями), распространяются на всю современную науку и технологию.

Телеологичность – научное познание уже изначально должно служить достижению искомой цели – повышению шансов реализации наиболее желательного варианта будущего.

Технологичность – тематическая и содержательная структура фундаментальных научных теорий в своих основах должна способствовать реализации конкретной технологической схемы, решению стратегической технической проблемы.

Этическая направленность. Социальная функция науки тройкая: собственно познавательная – приобретение новых знаний (1), технолого-экономическая разработка новых рационалистических способов преобразования природы, общества и человека (2) и этическая – «искусство жить достойно»¹, обеспечение человеку и человечеству неких ориентиров, позволяющих ему действовать во имя созидания, а не разрушения (3). Со времен возникновения позитивизма в философии науки считалось аксиомой, что первые две из них – первичные, тогда как третья есть производная от них. Но, как демонстрируют результаты нашего анализа и констатируют в своем докладе на 2-м Национальном конгрессе по биоэтике Б. А. Малицкий и А. С. Попович, в обществе риска «гармонизация в исследовательском процессе этих трех функций является фундаментальной

¹ Малицкий В. А., Попович А. С. Научная этика: история и вызовы современности // Другой национальный Конгресс по биоэтике с международным участием. – К., 2004. – С. 221 – 222.

основой для сохранения научным сообществом и отдельным ученым высоких нравственных устоев»¹. «Узко профессиональный рационализм», – утверждали они далее, – заставлявший исследователя относиться к этическим аспектам и результатам своей деятельности как к досадной «помехе торжеству новых знаний,.. может стать трагедией планетарного масштаба»². И общий вывод о «надуманности и искусственности представлений об этической нейтральности науки»³.

Иновационная направленность – создание новых реалий бытия, отвечающих запросам социума и отдельных индивидов. Инновация уже сама по себе предполагает в будущем (прогнозируемом или спонтанном) точек бифуркации, меняющих направление социоприродной эволюции и, следовательно, стратегических векторов, основополагающих принципов и целей системы управления знанием.

Таким образом, *управление знаниями вообще и «опасным знанием» в частности изначально окажется эффективным, если будет ориентироваться не на извлечение сиюминутной экономической выгоды, а на «поиск и усовершенствование социальных парадигм»*⁴.

* * *

Подведем итоги. Наше исследование привело нас к выводу, который постепенно становится центральным принципом парадигмы постмодернистской культуры и науки: различные формы эволюционного процесса – эволюция неживой природы, биологическая и социокультурная эволюция, развитие науки и технологии образуют целостную систему, центральным элементом которой становится познающий субъект – человек. В такой интерпретации *глобальный эволюционный процесс приобретает гуманистический смысл.*

¹ Малицкий В. А., Попович А. С. Научная этика: история и вызовы современности // Другий національний Конгрес з біоетики з міжнародною участю.– К.– 2004. С. 221 – 222.

² Там же.

³ Там же.

⁴ Клаус Д. Знание как новая парадигма управления // Пробл. теории и практики управления.– 1998.– №2.– С. 69.

*«Опасное знание», следовательно, ведет к таким девиациям, которые нарушают **антропный принцип** – соответствие параметров социо-природной среды обитания необходимым и достаточным условиям существования разумной жизни во Вселенной.*

Как известно, наука (по крайней мере, естествознание) не содержит в самой себе критериев социальной значимости полученных ею теоретических и практических результатов. Поэтому по мере усиления важности коэволюционных связей научных разработок с судьбами Цивилизации, Культуры, Разума не только методологические принципы и идеи естествознания, как это было ранее, проникают внутрь социогуманитарного знания, но и логические конструкты и методологические принципы гуманистики в ткань естественнонаучных теорий.

Принимая на себя сознательную ответственность за перспективы собственной эволюции, человечество вступает в новую эпоху и оказывается перед лицом трагических конфликтов и жестоких чудес «научного прогресса». Все это неизбежные спутники вечного стремления человечества к Счастью и Добру, Свободе и Справедливости. По своему могуществу человечество становится равным Богу, и переложить ответственность за последствия своего незнания, эгоизма и легкомыслия больше не на кого.

КРАТКАЯ БИБЛИОГРАФИЯ

1. Абелев Г. И. Этические проблемы современной российской науки // Росс. хим. журн.– 1999.– № 6.
2. Автомонов В. С. Человек в зеркале экономической теории (Очерк истории западной экономической мысли).– М.: Наука, 1993.– 176 с.
3. Азроянц Э. А. Будущее: эволюционные и эсхатологические альтернативы // Полигнозис.– 2002.– № 4.– С. 3 – 20.
4. Айзятов Ф. А., Зейналов Г. Г. Устойчивое развитие и стратегия общественного прогресса.– М.: Прометей, 1999.– 107 с.
5. Акофф Р. Планирование будущего корпорации: Пер. с англ.– М.: Прогресс, 1985.
6. Алтухов Ю. П. Монолог о генетике // Человек.– 2003.– № 6.– С. 5 – 16.
7. Ананьин О. И. Экономическое знание в зеркале методологии // Вопр. философии.– 1999.– № 10.– С. 135 – 151.
8. Арнольд В. И. Теория катастроф.– Изд. 3-е, доп.– М.: Наука, 1990.– 128 с.
9. Асланян М. М. Человек и природа: от священных рощ до биополитики. <http://nauka.relis.ru/08/0304/08304046.htm>
10. Баксанский О. Е. Коэволюционные репрезентации в современной науке // Методология биологии: новые идеи (синергетика, семиотика, коэволюция).– М., 2001.– С. 56 – 57.
11. Баранов В. С. Пренатальная диагностика наследственных и врожденных болезней в России. Реальность и перспективы // Соросовский образовательный журнал.– 1998.– № 10.
12. Бейсенова Г. А. Мишель Фуко: Образование – знание – власть // Социально-гуманитарное знание.– 2004.– № 3.
13. Бек У. Общество риска.– М.: Прогресс-Традиция, 2000.
14. Бек У. От индустриального общества к обществу риска // THESIS.–1994.– Вып. 5.– С. 163.
15. Бекон Фр. Сочинения.– Т. 2.– М.: Мысль, 1977.
16. Белов В. С. Ценностное измерение науки.– М.: Идея-Пресс, 2001.
17. Бендлер Р., Гриндер Дж. Рефрейминг: ориентация личности с помощью речевых стратегий. Пер. с англ.– Воронеж: НПО «МОДЭК», 1995.– 256 с.
18. Бердяев Н. Новое средневековье.– М.: Феникс, 1991.

19. Бердяев Н. А. Царство духа и царство кесаря.– М.: Республика. 1995.
20. Бестужев-Лада И. В. Социальное прогнозирование: Курс лекций.– М.: Пед. о-во России, 2002.
21. Блауг М. Экономическая мысль в ретроспективе.– М.: Дело-ДТД, 1994.
22. Бодрийяр Ж. Америка.– СПб.: Владимир Даль, 2000.
23. Бодрийяр Ж. Забыть Фуко.– СПб., 2000.
24. Болонкин А. Если не мы, то наши дети будут последним поколением людей // Лит. газета. 11.10.1995.
25. Бородай Ю. М. От природно-биологической к социальной и исторической детерминации поведения человека // Биология в познании человека.– М.: Наука, 1989.– С. 96.
26. Бубер М. Два образа веры.– М., 1999.
27. Букович У., Уильямс Р. Управление знаниями: руководство к действию.– ИНФРА-М, 2002.
28. Вебер М. Избранные произведения.– М.: Прогресс, 1990.
29. Вейдле В. В. Умирание искусства.– СПб., 1996.– С. 115;
30. Вельков В. В. Куда идет эволюция человека? // Человек.– 2003.– № 2.– С. 16 – 29.
31. Вельков В. В. На пути к генетически модифицированному миру // Лебедь.– 2002.– № 301.
32. Вельков В. В. Оценка риска при интродукции генетически модифицированных микроорганизмов в окружающую среду // Агрехимия.– 2000.– № 8.– С. 76 – 86.
33. Вельков В. В. По ту сторону эволюции // Человек.– 2004.– № 2.– С. 22-30.
34. Вернадский В. И. Размышления натуралиста.– Кн. 2. Научная мысль как планетное явление.– М.: Наука, 1977.
35. Вилдавски А., Дейк К. Теории восприятия риска: кто боится, чего и почему? // THESIS.– 1994.– Вып. 5.– С. 272.
36. Влავиापос-Арванитис А., Олескин А. В. Биополитика. Биоокружение. Биосиллабус.– Афины: Биополитическая интернациональная организация, 1993.
37. Воронцов Н. Н. Развитие эволюционных идей в биологии.– М.: Прогресс-Традиция, 1999.
38. Газнюк Л. Соматичне буття персонального світу особистості.– Харків: ХДФК, 2003.
39. Гальтон Ф. Наследственность таланта, ее законы и последствия: Пер. с англ.– СПб., 1875.

40. Глазко В. И. Генетически модифицированные организмы: от бактерий до человека.– К.: РВИЦ, 2002.
41. Грани глобализации. Трудные вопросы современного развития.– М.: Альпина Паблишер.– 2003.– С. 13, 276, 255 – 288.
42. Гуманистический манифест 2000 // Credo. Теоретич. Философ. журн.– 2000.– № 2 (20).
43. Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Проблемы устойчивого развития человечества // Россия в окружающем мире: 1998: Аналит. ежегодник.– М.: Изд-во МИЭПУ, 1998.– С. 39 – 52.
44. Джефферсон Т. Автобиография. Заметки о штате Вирджиния.– М.: Наука, 1990.– С. 212 – 216.
45. Добронравова И. С. Причинность и целостность в синергетических образах мира // Практична філософія.– 2003.– № 1.– С. 6 – 10.
46. Дорогунцов С., Ральчук О. Сталий розвиток – цивілізаційний діалог природи і культури // Вісн. НАН України.– 2001.– № 10.
47. Ермоленко А. Н. Этика ответственности и социальное бытие человека (современная немецкая практическая философия).– К.: Наук. думка, 1994.
48. Ермоленко А. М. Комунікативна парактична філософія: Підручник.– К.: Лібра, 1999.
49. Задорожный Г. В., Холин О. В. Управление знаниями как специфика начала XXI века // Социальная экономика.– 2003.– № 4.
50. Запорожан В. Н. Биоэтика в современной медицине // Перший нац. Конгрес з біоетики, 17-20 вересня 2001 р.: Тези доп.– Київ, 2001 – С. 5.
51. Зомбарт В. Буржуа.– М., 1924.
52. Зуб А. Т. Биополитика: методология социального биологизма в политологии // XVIII Междунар. конгр. по логике, методологии и философии науки.– М., 1987.
53. Зубаков В. А. Дом Земля: контуры эгогеософского мировоззрения.–СПб., 2000, С. 95.
54. Зубков В. И. Риск как предмет социологического анализа // Социол. исследования.– 1999.– № 4.– С. 3–9.
55. Исаев И. «Общество риска» в условиях глобализации // Социс.– 2001.– № 12.– С. 15–21.
56. Йонас Г. Наука как персональный опыт // Человек.– 1999.– № 4.
57. Йонас Г. Принцип відповідальності. У пошуках етики для технологічної цивілізації.– К., 1999.
58. Каган М. С. И вновь о сущности человека // Отчуждение человека в перспективе глобализации мира.– Вып. I.– СПб.: Петрополис, 2001.– С. 48 – 67.

59. Каган М. С. Философская теория ценности.– СПб., 1997.
60. Камшилов М. М. Эволюция биосферы.– М.: Наука, 1974
61. Кант И. Сочинения.– Т. 3, 6.– М.: Мысль, 1966.
62. Кара-Мурза, С. Г. Манипуляция сознанием.– М.: ЭКСМО, 2003.– 503 с.
63. Каримский А. М. Социальный биологизм: природа и идеологическая направленность.– М., 1984.
64. Карпинская Р. С., Лисеев И. К., Огурцов А. П. Философия природы: коэволюционная стратегия.– М., 1995.
65. Карпинская Р. С., Никольский С. А. Социобиология: критический анализ.– М.: Мысль, 1988.– С. 103.
66. Катастрофическое сознание в современном мире в конце XX века (По материалам международных исследований) // Под ред. В. Шляпентоха.– М.: МОНФ [и др.], 1999.– 347 с. (Научные доклады, вып. 96).
67. Кессиди Ф. Глобализация и культурная идентичность // Вопр. философии.– 2003.– № 1.
68. Кисельов М. М., Канах Ф. М. Національне буття серед екологічних реалій.– К.: Тандем, 2000.
69. Клаус Д. Знание как новая парадигма управления // Проблемы теории и практики управления.– 1998.– № 2.
70. Кодекс добровольно принимаемых правил, которых надлежит придерживаться при интродукции (выпуске) организмов в окружающую среду // Микробиология.– 1993.– Т. 62, № 2.– С. 367 – 374.
71. Кожурин А. Я. (три мифологемы «крови» в истории европейской культурной традиции) // Социальная аналитика ритма: Сб. матер. конф.– СПб.: Санкт-Петербургское философское общество, 2001.– С. 73 – 76.
72. Козлова М. С. Эволюционная судьба Homo sapiens // Человек.– 2000.– № 1.
73. Кордюм В. А. Биоэтика – ее прошлое, настоящее и будущее // Практична філософія.– 2001.– № 3.
74. Корочкин Л. И. В лабиринтах генетики // Новый мир.– 1999.– № 4.– С. 110 – 122.
75. Кочеткова Т. Ю. Парадигма саморганизации и современная экологическая ситуация // Практична філософія.– 2003.– № 1.
76. Крылов О. В. Будет ли конец науки? // Рос. хим. журн.– 1999.– № 6.
77. Крымский С. Б. Метаисторические ракурсы философии истории // Вопр. философии.– 2001. № 6.– С. 32 – 41.
78. Кун Т. Структура научных революций: Пер. с англ.– М.: Прогресс, 1977.

79. Куренной В. Этика вида и генная инженерия // *Отечеств. записки.*–2003.– № 1.
80. Курило Л. Ф. Развитие эмбриона и некоторые морально-этические проблемы методов вспомогательной репродукции // *Проблемы репродукции.*– 1998.– № 3.– С. 39 – 49.
81. Кутырев В. А. Человек в бесчеловечном мире // *Природа.*– 1989.– № 5.
82. Лакан Ж. Инстанция буквы в бессознательном, или судьба разума после Фрейда.– М., 1997.
83. Лебедь Е. А., Кант И. и Йонас Г. Два подхода к природе как этической проблеме // *Практична філософія.*– 2004.– № 1.
84. Левашов В. К. Устойчивое развитие общества: Парадигма, модели, стратегии.– М.: Academia, 2002.– 176 с.
85. Леонтьева В. Н. Культуротворческий процесс.– Харьков: Консум, 2003.
86. Леонтьева В. Н. Культуротворчество и адаптивные стратегии // *Вестн. нац. техн. ун-та «ХПИ». Темат. вып. «Философия».*– 2003.– № 2.– С. 93-98.
87. Лесков А. В. Постигание непредсказуемого: Бифуркационное пространство XXI века / А. В. Лесков // *ОНС: Обществ. науки и современность.*– 2001.– № 6.– С. 167 – 175.
88. Лисеев И. К. Новые методологические ориентации в современной философии биологии // *Методология биологии: новые идеи (синергетика, семиотика, коэволюция).*– М., 2001.– С. 23 – 24.
89. Лисеев И. К., Огурцов А. П. Философия природы: коэволюционная стратегия.– М., 1995.
90. Лоренц К. Агрессия.– М.: Прогресс, 1994.
91. Лосев А. Ф. История античной эстетики. Последние века.– Кн. 1.– М., 1988.– С. 39.
92. Лось В. А., Урсул А. Д. Устойчивое развитие.– М.: Агар.– 2000.– 254 с.
93. Лотман Ю. М. Семиосфера.– СПб.: Искусство, 2000.
94. Лукьянец В. С. Практика нейро-лінгвістичного програмування і проблема свободи // *Практична філософія.*– 2001.– № 2.– С. 38 – 58.
95. Луман Н. Риск, неопределенность, случайность // *THESIS.*–1994.– № 5.– С. 135 – 140.
96. Лутай В. С. Синергетическая парадигма как философско-методологическая основа решения главных проблем XXI века // *Практична філософія.*– 2003.– № 1.– С. 10 – 36.
97. Малицкий В. А., Попович А. С. Научная этика: история и вызовы современности // *Другий національний Конгрес з біоетики з міжнародною участю.*– К., 2004.– С. 221 – 222.

98. Мапельман В. М. Этическое измерение глобально-космических проектов // ОНС: Обществ. науки и современность.– 2000.– № 1.
99. Марков Б. В. Философская антропология: очерки истории и теории.– СПб.: Лань, 1997.
100. Марков Б. В. Ницше в России и на Западе // От Гегеля к Ницше, революционный перелом в мышлении XIX века.– СПб.: Владимир Даль, 2002.
101. Медников Б. М. Аналогия (параллели между биологической и культурной эволюцией) // Человек.–2004.– № 1.– С. 5 – 17; № 2.– С. 5 – 22.
102. Меркулов И. П. Эволюционная эпистемология: история и современные подходы // Эволюция, культура, познание.– М.: ИФРАН, 1996.– С. 6 – 20.
103. Методология биологии: новые идеи (синергетика, семиотика, коэволюция).– М.: Эдиториал-УРСС, 2001.– 264 с.
104. Мечников И. И. Этюды о природе человека.– М.: Госиздат, 1923.– 328 с.
105. Мильнер Б. З. Управление знаниями.– М.: ИНФРА-М, 2003.
106. Моисеев Н. Н. Современный антропогенез: цивилизационные разломы Эколого-политологический анализ // Вопр. философии.– 1995.– № 1.– С. 3 – 30.
107. Моисеев Н. Н. Современный рационализм.– М., 1995.
108. Моисеев Н. Н. Судьба цивилизации.– Путь разума.– М.: МНЭПУ, 2000.– 224 с.
109. Моисеев Н. Н., Александров В. В., Тарко А. М. Человек и биосфера. Опыт системного анализа и эксперименты с моделями.– М.: Наука, 1985.– 272 с.
110. Мюллер-Хилл Б. Генетика человека и массовые убийства // Человек.– 1997.– № 4.
111. Назаретян А. П. Синергетическая модель антропогенных кризисов и количественная верификация гипотезы техногуманитарного баланса // Синергетич. парадигма: Многообразие поисков и подходов.– М.: Прогресс – Традиция, 2000.– С. 458 – 467.
112. Налимов В. В. Спонтанность сознания. Вероятностная смысловая семантика личности.– М.: Прометей, 1989.
113. Наука: Возможности и ограничения.– М.: Наука, 2003.
114. Нежинский И. В. Традиция, культура, эзотеризм. Традиция в пространстве культуры // <http://fourthway.narod.ru/lib/exlib/tke.htm>
115. Ницше Ф. По ту сторону добра и зла.– Кн. 2.– М.: Сирин, 1990.– С. 31.
116. Ницше Ф. Так говорил Заратустра.– Избр. произв.– М.: Сирин, 1990.– Кн. 1.
117. Олескин А. В. Биополитика и ее приложимость к социальным технологиям // Вопр. философии.– 1995.– № 7.

118. Олескин А. В. Биополитика. Политический потенциал современной биологии: философские, политологические и практические аспекты.– М.: ИФРАН, 2001.
119. Ортега-и-Гассет. Восстание масс // *Вопр. философии.*– 1989.– № 3-4.
120. Панарин А. С. Глобальное политическое прогнозирование.– М.: Алгоритм, 2002.– 352 с.
121. Панарин А. С. Синтетическая парадигма и глобальное политическое прогнозирование // *Социальная экономика.*– 2002.– № 4.– С. 3-29.
122. Панарин А. С. Стратегическая нестабильность в XXI веке.– М.: Алгоритм, 2003.
123. Перспективы человека в глобализирующемся мире / Под ред. В. В. Парцваня.– СПб.: Санкт-Петербург. философ. о-во, 2003.
124. Петрушенков С. П. Профанация синергетики: Интернет как зеркало мнимой угрозы // *Практична філософія.*– 2003.– № 1.– С. 94 – 104.
125. Печчеи А. Человеческие качества: Пер. с англ. О. В. Захарова; Общ. ред. Д. М. Гвишиани.– 2-е изд.– М.: Прогресс, 1985.– 312 с.
126. Плюснин Ю. М. Проблемы социальной биологии.– Новосибирск, 2001.– 100 с.
127. Плюснин Ю. М. Проблема биосоциальной эволюции.– Новосибирск: Наука, 1990.
128. Подлазов А. В. Самоорганизованная критичность и анализ риска // *Изв. вузов. Прикладная и нелинейная динамика.*– 2001.– Т. 9, № 1.– С. 49 – 86.
129. Подорога В. А. Власть и познание (археологические поиски М. Фуко) // *Власть.*– М., 1989.
130. Поликарпов В. С., Волков Ю. Г., Поликарпова В. А. Современная культура и генная инженерия: Философские размышления.– Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1991.– 120 с.
131. Попов Ю. П. Управление риском и наука: Крит. обзор. Проблемы и перспективы / Ю. П. Попов // *Изв. вузов. Прикладная и нелинейная динамика.*– 2001.– № 3.– С. 124 – 127.
132. Порус В. Н. Философия техники // *Современная западная философия.*– М.: Политиздат, 1991.– С. 344.
133. Поттер В. Р. Биоэтика: мост в будущее.– Киев: Вадим Карпенко, 2002.
134. Поттер В. Р. Глобальная биоэтика: движение культуры к более жизненным утопиям с целью выживания // *Практична філософія.*– 2004.– № 1.– С. 4 – 14.
135. Пригожин И. Природа, наука и новая рациональность // *Философия и жизнь.*– Вып 7.– М.: Знание, 1991.– С. 36.

136. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой.– М.: Прогресс, 1986.
137. Рачков В. П., Новичкова Г. А., Федина Е. Н. Человек в современном технологизированном обществе: Проблемы безопасности развития.– М.: ИФРАН, 1998.– 194 с.
138. Родин С. Н. Идея коэволюции.– Новосибирск: Наука, 1991.
139. Россиянов К. О. Цена прогресса и ценности науки: новая книга по истории евгеники // Вопр. ист. естествозн. и техн.– 2000.– № 1.
140. Рьюз М., Уилсон Э. Дарвинизм и этика // Вопр. философии.– 1987.– № 1.
141. Синергетическая парадигма.– М.: Прогресс-Традиция, 2000.
142. Сироткина И. Е. Мозг гения // Человек.– 1999.– № 4-5.
143. Сироткина И. Е. Психопатология и политика // Вопр. истории естествозн. и техн.– 2000.– № 1.
144. Смилга В. П. Кролики и удавы, или удавы и кролики (Наука и этика, или этика и наука) // Росс. хим. журн.– 1999.– № 6.
145. Смит Р. Человек между биологией и культурой // Человек.– 2000.– № 1.
146. Смоловик В. В. К вопросу о теории социальной экономики // Социальная экономика.– 2004.– № 3.– С. 57 – 68.
147. Современная экономическая мысль.– М.: Прогресс, 1981.
148. Согрин В. В. Мир американских рабовладельцев: Кэлхун, Фицхью и другие // Новая и новейшая история.– 1990.– № 5.
149. Сокулер З. А. Методология гуманитарного познания и концепция «власти-знания» Мишеля Фуко // Философ. науки.– 1998.– № 4.– С. 167 – 176.
150. Соловьев В. С. Соч. Т. 2.– М.: Правда, 1989.– С. 433 – 434.
151. Сорокин П. Социальная и культурная динамика.– СПб.: РХГИ, 2000.
152. Сорос Дж. Кризис мирового капитализма. Открытое общество в опасности.– М.: ИНФРА-М, 1999.
153. Спиридонова В. И. Амбивалентность глобализации // Полигнозис.– 2003.– № 1.– С. 31.
154. Степанов В. С. Цивилизационное состояние общества с точки зрения биополитологии // Клио.– 1999.– № 1.
155. Степин В. С. Теоретическое знание.– М.: Прогресс-Традиция, 2000.–743 с.
156. Степин В. С. Философская антропология и философия науки.– М.: ИФРАН, 1992.
157. Степин В. С., Горохов В. Г., Розов В. А. Философия науки и техники.– М.: Контакт-Альфа, 1995.

158. Степин В. С., Кузнецова Л. Ф. Научная картина мира в культуре техногенной цивилизации.– М.: ИФРАН, 1994.– 274 с.
159. Страхов Н. Н. О вечных истинах. Мой спор о спиритизме.– СПб., 1887.– С. 100.
160. Стронин А. И. Политика как наука.– СПб., 1872.
161. Тимофеев-Ресовский Н. В., Воронцов Н. Н., Яблоков А. В. Краткий очерк теории эволюции. Изд. 2-е, перераб.– М.: Наука, 1977.
162. Тихонравов Ю. В. Геополитика: Учеб. пособ.– М.: ИНФРА-М, 2000.
163. Тищенко П. Д. Биовласть в эпоху биотехнологии.– М.: ИФРАН, 2001.– 177 с.
164. Толстоухов А. В. Планетарный социум и его эко-будущее // Практична філософія.– 2001.– № 3.
165. Толстоухов А. В. Самоорганізація ноосфери й глобальна екологічна криза // Практична філософія.– 2003.– № 1.
166. Тоффлер Э. Третья волна.– М.: АСТ, 1999.
167. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика.– М.: Наука, 2000.– 431 с.
168. Фейерабенд П. Избранные труды по методологии науки.– М.: Мысль, 1986.
169. Философия экономики.– Киев: Альтерпрес, 2002.– 284 с.
170. Фогель Ф., Мотульски А. Генетика человека: В 3-х т.– М.: Мир, 1990.– 378 с.
171. Форрестер Дж. Мировая динамика: Пер. с англ. / Под ред. Д. М. Гвишиани, Н. Н. Моисеева.– М., 1978.– 167 с.
172. Фрейд З. Недовольство культурой // Философ. науки.– 1989.– № 1.
173. Фрейд З. Психоанализ. Религия. Культура. Ренессанс.– М., 1992.
174. Фромм Э. Человек для себя.– Минск: Коллегиум, 1992.– С. 73.
175. Фуко М. Воля к истине: по ту сторону знания, власти и сексуальности. Работы разных лет.– М., 1996.
176. Фуко М. Рождение клиники.– М.: Смысл, 1998.
177. Хабермас Ю. Будущее человеческой природы: Пер. с нем.– М.: Весь мир, 2003.–144 с.
178. Хабермас Ю. Политические работы.– М.: ПРАКСИС, 2003.– 384 с.
179. Хайдеггер М. Кант и проблема метафизики.– М.: Логос, 1997.– С. 50 – 64.
180. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам.– М.: Мир, 1991.– 240 с.
181. Хакен Г. Синергетика.– М.: Мир, 1980.

182. Хардт М., Негри А. Империя: Пер. с англ. – М.: Праксис, 2004.
183. Хиггинс Р. Седьмой враг. Человеческий фактор в глобальном кризисе (главы из книги) // Глобальные проблемы и общечеловеческие ценности. – М., 1990. – С. 23.
184. Холин О. В. Внутрифирменное управление знаниями как основание инновационного развития // Социальная экономика. – 2004. – № 1-2.
185. Холтон Дж. Что такое «антинаука»? Постмодерн в философии, науке, культуре. – Х.: СиМ, 2000. – С. 416.
186. Чешко В. Ф. Биоетика і громадянське суспільство // Вісн. НАН України. – 2002. – № 1. – С. 43 – 49.
187. Чешко В. Ф. Генетика, биоетика, політика: коеволюція культурно-психологічних парадигм сучасної цивілізації // Практична філософія. – 2001. – № 3.
188. Чешко В. Ф. Наука и государство. Методологический анализ социальной истории науки (генетика и селекция в России и Украине в советский период). – Х.: Основа, 1997.
189. Чешко В. Ф., Кулиниченко В. А. Наука, этика, политика: социокультурные аспекты современной генетики. – Киев: ПАРАПАН, 2004. – 228 с.
190. Чешко В. Ф. Ні-Nume технологии. Размышления об этике и теории познания в эпоху управляемой эволюции // Universitates. – 2006. – № 2.
191. Шанже Ж. П. Нейрофизиологические основы этического поведения // Человек. – 1999. – № 5-6.
192. Шахбазов В. Г., Чешко В. Ф. Генетика в современном мире (сопряженная эволюция науки и социума) // Тр. по фундам. и прикл. генет. (к 100-летию юбилею генетики). – Х.: Штрих, 2001. – С. 8 – 23.
193. Штанько Т. В. Экономический метод: от классической к постнеклассической рациональности // Вестн. харьков. нац. ун-та им. В. Н. Каразина. – 2004. – № 625-1. – С. 41 – 45.
194. Щедрин А. Т. Социотехническое мифотворчество как феномен культуры (история и современность) // Вестн. нац. техн. ун-та «ХПИ». Темат. вып. «Философия». – 2003. – № 2. – С. 105 – 114.
195. Этика геномики [материалы научной конференции «Геном человека – 1999», Черногоровка, февраль 1999 г.] // Человек. – 1999. – № 4-5.
196. Юдин Б. Г. О человеке, его природе и будущем // Вопр. философии. – 2004. – № 2.
197. Яницкий О. Н. «Критический случай»: Социальный порядок в обществе риска // Социолог. обозрение. – 2002. – Т. 2, № 2.
198. Яницкий О. Н. Методология исследования социально-экологических проблем // Вопр. философии. – 1982. – № 3.

199. Яницкий О. Н. Россия как общество риска: методологический анализ и контуры концепции // ОНС: Обществ. науки и современность.– 2004.– № 2.– С. 5-15.
200. Яницкий О. Н. Социология и рискология // Россия: Риски и опасности «переходного» общества.– М., 2000.– С. 9 – 36; Яницкий О. Н. Социология риска: ключевые идеи // Мир России.– 2003.– № 1.– С. 3 – 35.
201. Ясперс К. Смысл и назначение истории.– М.: Республика, 1994.– С. 370 – 371.
202. Bashir Abu-Manneh. The Illusions of Empire.– 2003.– Monthly Review.– Vol. 56, No 2.
203. Beck U. From Industrial Society to the Risk Society // Theory, Culture and Society, February 1992, V. 9, No. 1, p. 97 – 123.
204. Beck U. Risikogesellschaft. Auf dem Weg in Eine Andere Moderne.– Frankfurt-am-Maine: Suhrkamp, 1986.
205. Blank R. H. Biopolicy: A Restatement of Its Role in Politics and the Life Sciences // Politics and Life Sci.– 1982.– Vol. 1, No 1.– P. 38 – 42.
206. Bostrom N. A History of Transhumanist Thought // Journal of Evolution and Technology. 2005. Vol. 14, Issue 1.– P. 14.
207. Boyle R. J., Savulesky J. Ethics of using preimplantation genetic diagnosis to select a stem cell donor for an existing person // Brit. Med. Journ.– 2001.– Vol. 323.– P. 1240 – 1243.
208. Caldwell L. K. Biopolitics, science, ethics and public policy // Yale Rev.–1964.– Vol. 54, No 1.
209. Cheshko V. T. The initial stages of the mendelism-lysenkoism clash in the Ukraine // Folia mendeliana.– 1999.– No 33-34.– P. 71 – 78.
210. Deleus G., Guattari F. Anti-Oedipus: Capitalism and Schizophrenia.– N. Y., 1987.
211. Douglas M., Wildavsky A. Risk and Culture: An Essay on Selection of Technological and Enviromental Dangers.– Berkley, 1982.
212. Edwards R. G. Hollands P. New advances in Human embryology: implications of the preimplantation diagnosis of genetic disease // Hum Reprod.– 1988.– Vol. 3. P. 549 – 556.
213. ESHRE PGD Consortium Steering Committee ESHRE Preimplantation Genetic Diagnosis Consortium: data collection III (May 2001) // Hum. Reprod.– 2002.– Vol. 17, No 1.– P. 233 – 246.
214. ESHRE PGD Consortium Steering Committee, (2000). ESHRE Preimplantation Genetic Diagnosis (PGD) Consortium: data collection II (May 2000) // Hum Reprod.– Vol. 15.– P. 2673 – 2683.

215. Gaylin W. Jennings B The Perversion of Autonomy. The Proper Use of Coercion and Constrains in a Liberal Society.– N. Y., 1996.
216. Haldane J. B. S. Daedalus, or, Science the Future.– London: Paul, Trench, Tubner and Co. 1924.– P. 3.
217. Hanashke-Abel H. M. Not a Slippery Slope or Sudden Subversion // Brit. Med. Journ.– 1996.– Vol. 313.– P. 1453 – 1463.
218. Hardt M., Negri A. Empire/ London: Cambridge; Harvard University Press, 2002.
219. Heyd D. Genethics. Moral Issues in the Creation of People.– Berkeley; Los Angeles; London: University of California Press, 1992.– P. 7.
220. Hines S. M., Jr. Politics and the Evolution of Inquiry in Political Science // Politics and the Life Sci.– 1982.– Vol. 1, No 1.
221. Huxley J. Religion without revelation London: Benn, 1927.
222. Hyakudai Sakamoto. Foundation of East sian Bioethics // EUBIOS.– 1996.– No P. 31 – 32.
223. Hyakudai Sakamoto. The Human Genome and Human Control of Natural Evolution // Перший нац. Конгрес з біоетики, 17 – 20 вересня 2001 р.: Тези доп.– Київ, 2001– С. 5.
224. Jantsch E. The Selforganizing Universe: Scientific and Human Implicatory of Emerging Paradigm of Evolution.– Oxford, 1980.
225. Jonas H. Wissenschaft als personales Erlebnis. // Die 600-Jahr-Feier der Ruprecht-Karls-Universitat.– Heidelberg, 1987.
226. Kevles D. J. Eugenics and Human Rights // Brit. Med. Journ.– 1999.– Vol. 319.– P. 435 – 438.
227. Lem S. Eden.– Krakow; Wroclaw: Wyd. Literackie, 1984.
228. Lower G. M, Jr. Extending Global Bioethics//Практична філософія.– 2004.– № 1.– С. 25 – 35.
229. Luhmann N. Sociologies des Risikos.– Berlin, 1991.
230. Lumsden C. J., Wilson E. O. Genes, Mind and Culture: The Coevolutionary Process.– Cambridge (MA), 1981.
231. Miller H. I. Is the Biodiversity Treaty a Bureacratc Time Bomb? Hoover Institution on War. №. V, Revolution and Pease.– Stanford University, 1995.– 11 p.
232. Miller H. I. UN-based biotechnology regulation: scientific and economic havoc for the 21st century // Trends in Biotechnology.– 1999.– Vol. 17.– P. 185 – 190.
233. Paul B. D. What is Genetic Test, and Why does it Matter // Endeavour.– 1999.– Vol. 23.– P. 159 – 161.

234. Paul D. B., Falk R. Scientific Responsibility and Political Context: The Case of Genetics under Swastika // *Biology and Foundation of Ethics.*– Cambridge, Univ. Press, 1999.– P. 257 – 275.
235. Payne S. G. A History of Fascism.– Madison: Univ. of Wisc., 1995.
236. Pearson R. Heredity and Humanity: Race, Eugenics and Modern Science.– Washington: Scott-Townsend, 1996.– 162 p.
237. Russel B. Ikarus, or the Future of Science.– London: Paul, Trench, Trubner and Co, 1924.– P. 1.
238. Simiotopolou K., Xiritiris N. I. The Human Genome Project. The Dominance of Economy on Science–Ethical and Social Implication // *Global Bioethics.*– 2000.– Vol. 13.– No 3-4.– P. 43 – 52.
239. Simpson J. L., Carson S. A. Preimplantation genetic diagnosis // *N Engl J Med.*– 1992.– Vol. 327.– P. 951 – 953.
240. Smith J. D., Nelson K. R. The Sterilization of Curry Buck.–Far Hills, N. J.: New Horizon, 1989.– 268 p.
241. Steinhäuser KG. Environmental risks of chemicals and genetically modified organisms: a comparison. Part I: Classification and 126 characterisation of risks posed by chemicals and GMOs // *Environ Sci Pollut Res Int.*– 2001.– No 8(2).
242. Szente M. Human Genome Project and Neuroscience // *Global Bioethics.*– 2000.– Vol. 13.– No 3-4.– P. 21 – 28.
243. Thompson B., Harrub B. Human cloning and stem-cell research sciences slippery slope // *Reason and Relevation.*– 2001.– No 8, 9, 10.
244. US Supreme Court. Buck versus Bell // *US Supreme Court Reporter.*– 1927.– Vol. 47.– P. 584 – 585.
245. Velcev M. Genetically Enhanced Plants and Their Safety // Перший нац. Конгрес з біоетики, 17-20 вересня 2001 р.: Тези доп.– Київ, 2001.– С. 60.
246. Velkov V. V. Environmental genetic engineering: hope or hazard?– *Current Science.*– 1996.– Vol. 70, No 9.– P. 823-832.
247. Verlinsky Y., Kuliev A. Preimplantation Diagnosis of Genetic Diseases.– Wiley-Liss, 1993.
248. Williams E. D. A call for Global Bioethics // *Практична філософія.*– 2004.– № 1.– С. 16 – 24.

Научное издание

**ГЛАЗКО Валерий Иванович
ЧЕШКО Валентин Федорович**

**«ОПАСНОЕ ЗНАНИЕ» В «ОБЩЕСТВЕ РИСКА»
(век генетики и биотехнологии)**

Монография

Підписано до друку 30.11.2006 р. Формат 60 х 84/16. Папір офсетний.
Гарнітура WagnockPro. Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 34,0.
Обл.-вид. арк. 37,4. Наклад 300 прим. Зам. № 33.

Видавничий Дім «ІНЖЕК»
61001, Харків, пр. Гагаріна, 20. Тел. (057) 703-40-21, 703-40-01.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру України суб'єктів
видавничої діяльності ДК № 2265 від 18.08.2005 р.
Надруковано у ВД «ІНЖЕК», Харків, пр. Гагаріна, 20.