



**В.И. ГЛАЗКО, В.Ф. ЧЕШКО,
Л.В. ИВАНИЦКАЯ, В.Ф. СТОРЧЕВОЙ**

**ВЕК ГЕНЕТИКИ
И ВЕК БИОТЕХНОЛОГИИ
НА ПУТИ
К РЕДАКТИРОВАНИЮ
ГЕНОМА ЧЕЛОВЕКА**

МОНОГРАФИЯ

Москва
КУРС
2016

УДК 575(075.4)
ББК 28.04
Г52

ФЗ № 436-ФЗ	Издание не подлежит маркировке в соответствии с п. 1 ч. 4 ст. 11
----------------	---------------------------------------------------------------------

Рецензенты:

М.С. Соколов, академик, профессор, д-р биол. наук;

В.А. Бондаренко, профессор, д-р биол. наук

Глазко В.И., Чешко В.Ф., Иваницкая Л.В., Сторчевой В.Ф.
Г52 Век генетики и век биотехнологии на пути к редактированию генома человека: Монография. — М.: КУРС, 2016. — 560 с. — (Серия «Наука»).

ISBN 978-5-906818-06-5 (КУРС)

ISBN 978-5-16-103624-2 (ИНФРА-М, online)

В монографии рассматриваются некоторые этапы развития генетики, биотехнологий с точки зрения базовой стратегии человечества на пути формирования современной аграрной цивилизации. Аграрная цивилизация рассматривается как часть биосферы и основной пользователь ее энергетических потоков. Последовательно излагаются этапы создания и использования инструментов управления живыми объектами с целью продовольственного обеспечения растущей численности человечества. Рассматриваются элементы биосферной деградации, созданные в результате человеческой деятельности, и пути их компенсации. Обсуждается важность кооперации представителей разных областей знаний в разработке новых подходов к управлению генетическими ресурсами планеты. В монографии рассматриваются лишь некоторые области знаний об устройстве аграрной цивилизации, которые могут оказаться важными для понимания путей ее развития.

Монография имеет простую структуру, состоит из глав под условными названиями, отражающими их основное содержание. Рассчитана на читателя, заинтересованного в информации о тех стратегиях, которые создавало и выбирало человечество для своего распространения и выживания в новых условиях, созданных его же деятельностью, основанных на накоплении знаний о генетике и создании новых биотехнологий. Рекомендуются для студентов и преподавателей высших учебных заведений сельскохозяйственных и биологических направлений.

УДК 575(075.4)
ББК 28.04

Электронно-
Библиотечная
Система
znanium.com

ISBN 978-5-906818-06-5 (КУРС)
ISBN 978-5-16-103624-2 (ИНФРА-М, online)

© Глазко В.И., Чешко В.Ф.,
Иваницкая Л.В., Сторчевой В.Ф.,
2016
© КУРС, 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

И сказал Господь Бог: 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 вкусил, и не стал жить вечно.

Бытие, 3: 22

Когда мы овладеем всеми этими шарами Вселенной, и всеми их уладами, 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 начала века генетики (вторичного открытия законов Менделя) наши представления о том, что есть Добро и Зло, Благо и Долг, само мировосприятие современного человека изменились самым радикальным образом. Как было раньше хорошо в эпоху разумного замысла. Достаточно просто пытались объяснить необыкновенное разнообразие жизни на Земле. Все сводилось к сверхъестественному: жизнь во всем ее разнообразии сотворена Богом, и все мы есть часть глобального плана Создателя. Но мы живем в эпоху эволюционных и революционных перемен в представлениях о природе человека. По мнению многих, эволюционная история *Homo sapiens* приблизилась к моменту, который предсказывали разные мыслители — философы и естествоиспытатели: верующие и атеисты, теоретики и практики и т.д. (Федоров, Вернадский, Хаксли, Де Шарден и многие другие).

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. Пришло понимание, что образование новых сочетаний генов и их частей в природных условиях проходит проверку естественным отбором. Только он может оценить жизненную значимость таких преобразований геномов. Человечество приступило к исследова-

ниям генетических явлений на молекулярном уровне. Произошло рождение нового направления в биологии — ДНК-технологий; с этого момента начинается новый этап эволюции биосферы Земли — ноосферы в понимании В.И. Вернадского, и в настоящее время мы, к сожалению, не в состоянии все предвидеть и предположить.

Современные генные и геномные технологии, наряду с компьютерной техникой и информатикой, с полным правом можно объединить в категорию информационных технологий. Их влияние на будущее цивилизации совпадает, и XXI в. в равной мере можно назвать веком био-, нанотехнологий и компьютерной эрой. На смену декартовскому «человек — машина» пришла иная метафора, иная когнитивная модель — «человек — программа».

К тому же оказывается, что оба этих афоризма способны объединиться в целостную идеологическую и методологическую концепцию, вплоть до генетической дискриминации человека. Может показаться, что это утверждение сформулировано излишне жестко. Но прочтем последние научные публикации (редактирование генома, геномная дискриминация), в том числе и военных медиков, посвященные 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» [Кальниш, Ена, 2004]. После того как наш вид научился сложному мышлению, возникли вопросы — «кто мы?, зачем мы? откуда мы? почему ведем себя так, а не иначе? почему мы так похожи и так отличаемся друг от друга.?». Многие науки и религия пытались ответить на эти вопросы, но недостаточно.

Итак, *«информационное общество», «век генетики, био- и нанотехнологии»* и *«общество риска»* выступают в массовом сознании третьего тысячелетия как синонимы.

В последние годы становится все более очевидным, что современная наука является двигателем роста, развития и стабильности любого государства. Использование новых методов науки, в частности генно-инженерных, — ДНК-технологии, которые позволяют исследовать и направленно изменять материал наследственности на разных уровнях его организации — геном, хромосомном, геномном, популяционно-генетическом, биогенетическом. Самое главное, что произошла переориентация вектора активности с научного объяснения окружающего мира на само научное

познание, что привело к расслоению последнего на рискованную (классическую) и предупреждающую науку.

Принципиально, что все методы ДНК-технологий, связанные с созданием новых генных конструкций и новых организмов, основаны на искусственной модификации и трансформации процессов, реально существующих в живой природе. 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, начало XXI в. является действительно переломным моментом всего развития биосферы (ноосферы по Вернадскому), 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, задача которых — использование методов ДНК-технологий для создания новых форм животных и растений, несущих новые полезные признаки. Многомиллиардные финансовые вливания этих фирм привели уже в настоящее время к революционным изменениям в целом ряде традиционных теоретических и прикладных направлений биологии, медицины, сельского хозяйства и многих других областей. 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, биоинформатика, протеомика, метаболомика. Фактически созданы предпосылки для качественных перемен в целом 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 будут играть генетика и биотехнология.

Вся генетическая, а теперь и геномная инженерия создавалась и держится на копировании и в заимствовании естественных природных механизмов генетической и геномной изменчивости, существующих в природе. Это относится не только собственно к генной инженерии, но и к появившимся в последнее десятилетие новым поколениям методов, получивших название «геномное редактирование». По своей сути это методы осуществления давней мечты — адресованного мутагенеза.

Методы генной инженерии всегда имели две основные проблемы неточности операций с генами: это трудности контроля места интеграции чужеродной конструкции в геноме-мишени и количества встроенных копий и влияние чужеродного белка на метаболит генома хозяина. И если

методы увеличения адресности и копииности встройки развивались с достаточно трудоемким использованием системы *Cre — Lox*, в частности бактериофагов, где введенные сайты *Lox* в геном хозяина путем использования гомологичных рекомбинаций с участием нуклеотидных последовательностей, комплементарных участкам генома-хозяина, служили адресом рекомбинации, а *Cre* — ферментом рекомбинации, то преодоление опасности влияния продуктов чужеродного гена на общий метаболизм до сих пор оставалось недостаточно исследованным. Методы геномного редактирования оказали принципиальное влияние на решение обеих проблем. История развития этих методов и их применения достаточно подробно изложена в разных работах С.М. Закияна и соавторов (2014).

Использование известных механизмов опознавания белками — факторами регуляции транскрипции нуклеотидных последовательностей, посадка на которые приводит к изменению транскрипционной активности соответствующей последовательности, привело к разработке искусственных химерных белков, состоящих из доменов, связывающих определенные нуклеотиды, и доменов, обладающих нуклеазной активностью. Основой для этих разработок стали исследования активатора транскрипции бактерий рода *Xanthomonas*, у которых белки *TALE* (*Transcription Activator-Like Effectors*) активируют экспрессию собственных генов. Белки *TALE* содержат центральный домен, состоящий из мономеров, каждый из которых связывается с определенным нуклеотидом, фрагмента, ответственного за транспорт в ядро и домена, собственно активирующего транскрипцию. Каждый из мономеров центрального домена содержит 34 аминокислотных остатка, два из них, отвечающие за опознавание определенных нуклеотидов в мишени-посадке *TALE*, локализованы в позициях 12 и 13, характеризуются высокой изменчивостью и обозначаются как *RVD* (*Repeat Variable Di-residue*). Эти исследования позволили создавать искусственную конструкцию, в которой к последовательности, кодирующей соответствующий адрес в геноме хозяина — *TALE*, присоединяли к ее флангам нуклеазные домены FokI, встраивали в транскрибируемую в цитоплазме клеток хозяина плазмиду и получили химерную нуклеазу, индуцирующую двуцепочечные разрывы в совершенно определенном месте генома хозяина. Такие химерные нуклеазы получили название «*TALEN*». Теперь уже появились компании, в которых можно заказывать наборы, необходимые для приобретения соответствующих «китов» для создания таких химерных нуклеаз и транскрибирующихся конструкций (Ma Alvin C., et al., 2016, <http://www.genecorpeia.com/>; <http://www.origene.com/>).

Другой инструмент редактирования генома, основанный на иммунной системе бактерий, способной встраивать в собственный геном фрагменты геномов бактериофагов, транскрипт которого подавляет патогенность

агрессора, получил название *CRISPR/Cas* — *Clustered Regulatory Interspaced Short Palindromic Repeats* (кластеры коротких палиндромных повторов) и *Cas* — семейство эндонуклеаз. Эти палиндромы разделены спейсерами, которые, по сути, представляют участки встраивания фрагментов ДНК соответствующих патогенов, которые в геномах патогенов получили название протоспейсеров. В геноме патогена этот фрагмент присутствует в качестве протоспейсера, который включает последовательность собственно будущего спейсера и флангов, состоящих из коротких (в 2–5 п.н.) консервативных последовательностей, получивших название *PAM* (*Protospacer Adjacent Motif* — мотив, прилегающий к протоспейсеру). После встройки вся эта последовательность транскрибируется, процессируется с участием эндогенных нуклеаз и интерферирует с генетическим материалом патогена, в разрушении которого принимают участие также эндонуклеазы. Из патогена *Streptococcus pyogenes* выделен полифункциональный белок *Cas9*, участвующий и в процессинге такого транскрипта, получившего название «длинный транскрипт» — предшественник (*pre-crRNA*), который процессируется в зрелые *crRNA* длиной в 40–50 пар нуклеотидов, а также участвует в разрушении чужеродного генетического материала. Процессинг *crRNA* зависит также от малой некодирующей РНК — *tracrRNA* (*trans-activating crRNA*). Молекулы *tracrRNA* комплементарно связываются с последовательностями повторов в *pre-crRNA*, РНКзаз III хозяина в присутствии *Cas9* разрезает дуплекс с образованием зрелой *crRNA*. Для того чтобы вся конструкция приобретала точность адресовки к нужной последовательности в геноме модифицируемого хозяина, в нее далее встраивают соответствующую ей комплементарную нуклеотидную последовательность, получая «направляющий» элемент конструкции (*guide RNA* — *gRNA*), позволяющий адресно модифицировать район генома хозяина.

За несколько последних лет эти два метода геномного редактирования, *TALEN* и *CRISPR/Cas9*, получили широкое распространение; количество публикаций, в которых рассматриваются приемы их усовершенствования и использования, превышают три тысячи в базе данных PubMed, и области их применения постоянно расширяются. Особое значение в геномной инженерии эти методы приобретают еще и в связи с тем, что они позволяют не менять структурные гены, а целенаправленно влиять на регуляторные механизмы их экспрессии. Так, например, отпадает необходимость вводить структурный ген в конструкцию, направленную на защиту растений от насекомых, продукт которого взаимодействует с рецептором ювенильного гормона и блокирует развитие личинки патогена. Вместо этого можно ввести в геном растения соответствующую микроРНК, подавляющую экспрессию этого рецептора, и получить тот же эффект без присутствия в растении чужеродного белка. Или использовать

в конструкции *CRISPR/Cas9* мутантную эндонуклеазу *Cas9*, лишенную нуклеазной активности, которая, благодаря направляющей РНК, локализуется в промоторном участке гена, кодирующего такой рецептор, и блокирует его транскрипцию. В настоящее время даже трудно представить появившиеся возможности, благодаря этим двум методам, создания и контроля генетической изменчивости у живых объектов, включая человека.

Эти достижения геномного редактирования, наряду с успехами нанотехнологий и биоинформатики, позволят вплотную подойти к формированию ноосферы, обеспечивающей удовлетворение возрастающих потребностей человечества при сохранении окружающей среды. Важно подчеркнуть, что имеющаяся зависимость государственности от характера взаимодействия человека с природой постулирует связь между экологическими проблемами и социальной системой. Его разрешение приведет к изменению социально-государственной организации общества. Этот процесс, к сожалению, стихийный и опосредован многими звеньями социальной эволюции. Отношение человека к природе рассматривалось В.И. Вернадским в качестве формы проявления самой природы. Для обозначения природы, формой самодвижения которой является отношение к ней человека, В.И. Вернадский ввел понятие «космос натуралиста». Проблема в том, чтобы научиться переходить от описаний мира как объекта к описаниям мира как места, которое формирует и само формируется под влиянием человека. Согласно В.И. Вернадскому, разрешение этой проблемы означает формирование единой науки. Иного пути нет, иначе — предсказываемый многими конец эволюционной истории человека и его трансформация в нечто совершенно другое благодаря геномному редактированию, в результате которого наши внуки будут смотреть на нас так, как мы сами смотрели на динозавров «Парка Юрского периода». Это не предмет теоретических философских изысканий, эта эпоха трансгуманизма, т.е. рационализации процесса эволюции экосистем различного уровня сложности, включающих человека и вопрос практической биополитики.

В исторической перспективе успехи или неудачи государств в конечном итоге связаны с продовольственным обеспечением населения. Особое значение это имеет для России и всего постсоветского геополитического пространства, богатого генетическими ресурсами культурных растений. Это богатство обусловлено огромной территорией и разнообразием эколого-географических условий ресурсного воспроизводства. Именно поэтому решение таких вопросов, как возможность обеспечения качественной и безопасной пищей своего населения, уменьшение скоростей сокращения собственных растительных и других биологических ресурсов, вносит существенный вклад в решение глобальных проблем сохранения

биосферы и качества «среды обитания» для себя и будущих поколений. От этого зависит не только благосостояние нашей страны, но в итоге и выживание всего человечества.

Комплекс НАУКА–ТЕХНОЛОГИЯ–ОБЩЕСТВО стал в современной цивилизации стержневым элементом глобальной эволюционирующей системы планеты Земля, определяющим направление ее эволюции и выживания человечества в той экологической системе, которая им же создана. Но эта система служит одновременно и источником социального и гуманитарного риска, принимающего все более характер риска эволюционного. Одним из наиболее четких примеров стала проблема снижения генетического разнообразия как следствие успехов научной селекции и имплементации ее достижений в сельское хозяйство.

Еще в 1920-е гг. выдающимся генетиком Николаем Вавиловым была сформулирована задача сохранения генетического разнообразия. Под его руководством осуществлены первые экспедиции по сбору, изучению локальных форм растений и создана уникальная коллекция семян культурных и диких представителей флоры, собранная из различных районов мира. Многие современные сорта пшеницы, ржи, других сельскохозяйственных культур обязаны своим появлением на свет именно вавиловской коллекции. А кто сегодня может предсказать, сколько новых сортов благодаря этому наследию появится в будущем?

Непонимание и пренебрежение к процессам сужения генетического разнообразия очень хорошо осознаны на двух примерах: как большие потери урожая кукурузы из-за *Helminthosporium maydis* (*paca T*) в США и вымерзание пшеницы в Советском Союзе. Все возделываемые тогда в США высокоурожайные сорта кукурузы были гибридными, созданы с использованием технологии цитоплазматической мужской стерильности и содержали одинаковую стерильную цитоплазму. Причем было известно, что данная цитоплазма обладает высокой восприимчивостью к *этой расе*. Эта болезнь впервые была отмечена в 1961 г. на Филиппинах, через несколько лет появилась в Мексике, и в 1968 г. ее в первый раз отметили на юге США. Ситуация понятна — продолжающийся на общей площади рост восприимчивых сортов кукурузы приведет к неминуемой катастрофе. В 1970 г. погибло 15% урожая кукурузы, а в некоторых южных штатах потери составляли более 50% и имели катастрофические последствия для фермеров и их хозяйств.

Аналогичная ситуация сложилась в начале 1970-х гг. и Советском Союзе. Согласно традициям того времени (1930–1980-е гг.) большую часть площади занимал один, действительно очень удачный сорт — Безостая 1, который отличался хорошими хлебопекарными качествами и высокими урожаями. Но было также известно, что его зимостойкость в суровые зимы недостаточна. Тем не менее, несмотря на это знание, в Украине этот

сорт преобладал. В результате в основной на то время житнице страны суровой зимой 1971/72 гг. и собрали половину обычного урожая.

И в том, и в другом случае победившие в ходе конкуренции научно-технологические разработки и созданные на их основе хозяйственные инновации «внезапно» привели к фактически эволюционному кризису...

Для того времени и его политических лидеров это было шоком. Почти одновременно два самых мощных государства на своей территории встретились с гигантскими недоборами урожая. Благодаря этому опыту катастрофические последствия сужения биоразнообразия культурных растений, о чем говорил и писал Н.И. Вавилов, были осознаны мировым сообществом. Но за последние полвека ситуация принципиально не изменилась. Сегодня потери в биологическом разнообразии используемых в агропроизводстве видов чрезвычайно высоки. Они являются частным случаем глобального процесса утраты генетического разнообразия в биосфере. Для сельскохозяйственных видов вопросы сохранения генофонда стоят не менее остро, чем для дикой флоры и фауны. Мы еще вернемся к этой проблеме в общем контексте эволюционных и социальных последствий развития генетики, геномики, биотехнологии как элементов стабильной эволюционной стратегии уникального биологического вида — *Homo sapiens*.

Современные методы экспериментального мутагенеза в сочетании с половой гибридизацией позволяют значительно расширить генетическую изменчивость, обогатить генофонд и сократить время на получение ценного исходного материала. Однако внутривидовая рекомбинация генов не может в полной мере обеспечить донорами полезных генов, а межвидовая гибридизация, как правило, ограничена барьером половой несовместимости. Поэтому сегодня основное направление поиска новых генов и их сочетаний развивается в сторону анализа чужеродной, экзогенной ДНК и редактирования геномов. В основном это направление реализуется как фактор адресной передачи признаков от донора к реципиенту по типу генетической трансформации — трансгеноз, генная инженерия, метаболомика, протеомика.

Опасность сужения биоразнообразия культурных растений для мира довольно рано была осознана Н.И. Вавиловым. Он первым в мире поставил для себя и научного сообщества задачу по мобилизации мировых генетических ресурсов для интенсификации сельского хозяйства и предупреждения мирового голода и пришел к выводу о том, что нужно создавать не специальные условия для культурных растений, а новые формы и подбирать их к имеющимся условиям растениеводства. Прямая заслуга Н.И. Вавилова — создание банка мировых растительных ресурсов и множества испытательных станций в СССР. К настоящему времени в мире таких наиболее значимых генетических банков создано более 1700,

но и до сих пор банк Н.И. Вавилова входит в группу наиболее богатых, хотя он и утратил свое лидирующее положение в результате перестройки и развала СССР, а также неадекватности руководства. Многие из генетических банков растительных ресурсов в разных странах носят имя Н.И. Вавилова. Суммарно в них хранятся образцы более 7 млн сортов и видов растений, и мир благодаря этому готов к внезапным ситуациям и неожиданностям. Сохраняются коллекции генетических доноров устойчивости растений к возможному воздействию любых абиотических и биотических стрессоров. При этом особое внимание должно быть обращено на сбережение соответствующих блоков коадаптированных генов к любым условиям. Во многих странах сформированы национальные программы по сохранению местных растений. В этой связи особую актуальность приобретает задача научно обосновать взаимоотношения человека и природы и перевести их в элемент естественного общественного сознания.

Биологическое разнообразие планеты исчезает с угрожающей быстротой. В большинстве случаев это вызвано деятельностью человека, приводящей к фрагментации, разрушению вследствие эксплуатации и загрязнения окружающей среды. Поэтому особое значение приобретает новая область — экобиотехнология, задачами которой являются поиск и изучение факторов, влияющих на экосистемы и контролирующих генетическую изменчивость выживающих видов. Экобиотехнология — долговременное сохранение генетической информации в виде глубокозамороженных половых клеток, эмбрионов животных и растений, позволяющее восстанавливать и планировать их последующее существование в биогеоценозе [Веprinцев, Ротт, 1985, 1991]. Крjооконсервация генов дополняет другие способы сохранения генетической информации, помогая сберечь генетическое разнообразие, уменьшить число животных при разведении, не опасаясь инбридинга, и т.д. Особое значение крjооконсервация приобретает сейчас, когда идет загрязнение нативного генетического материала планеты рекомбинантным генетическим материалом.

Вся история развития сельского хозяйства в мире, и особенно в нашей стране, многократно доказывала пагубность непонимания и подмены широкого научного базиса сиюминутным узким прагматизмом и всякого рода политической, экономической и прочей «целесообразностью». Типичным примером выступает деятельность Лысенко. Его феномен — результат «грамотности» и неадекватности тогдашних политиков, тех, кто не признавал и не относил сельскохозяйственные исследования к фундаментальным. А таких, к сожалению, было много. Проблемы необходимости продовольственного импортозамещения растут именно оттуда. С учетом неизбежной смены приоритетов в ресурсном и продовольственном обеспечении человечества трудно усомниться в праве и обязанности сельскохозяйственных наук занимать главенствующее положение

в системе наук в ближайшей и долговременной перспективе человеческого существования.

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 элементарном анализе обеих точек зрения выясняется, что первая соответствует естественно-научной 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 проглядывает фигура экономиста-практика, бизнесмена, трансформирующего и предмет спора, и попытки его решения, и сам спор в *товар*, способный обеспечить успех на рынке.

Но для постсоветского геополитического пространства эта проблема имеет собственное специфическое значение. Проходящие в мире культурные, экономические и политические трансформации переходного периода повышают восприимчивость любого общества к различным рискогенным факторам. Интеграция нового научного знания в новую ментальность обычно носит характер импорта новых технологий и идей, а следовательно, значительно отстает от темпов культурной и ментальной адаптации непостиндустриального 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 столкновения политических концепций и результирующий вектор будущего развития постсоветского 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 (естественно-научный, философско-антропологический и социоэкономический) в целостное мировоззрение.

Предлагаемая книга — попытка трансдисциплинарного исследования проблемы целей, технологий и возможных результатов самоконструирования человеческих существ не только в духовном, но и в сугубо мате-

риальном, физическом смысле. Авторы последовательно рассматривают вначале естественно-научные и *High Tech*-технологические схемы целенаправленной реконструкции генетического, ментально-когнитивного и социокультурного кодов, прежде всего геномную инженерию и биотехнологию. Затем переходят к гуманитарной экспертизе результатов такого вмешательства, а значит, и к таким технологическим разработкам, которые относятся уже к классу *High Hume*, модификации индивидуального и группового поведения.

Век геномных технологий ведет к изменению антропогенеза благодаря возможности индивидуальных проектов. Возможно, что это будет означать конец человечества как некой целостности. Поэтому крайне важной для нашей судьбы становится интеграция в жизнь социума биоэтики и биополитологии как социальных институтов, обеспечивающих согласование нашей технологической мощи с сохранением гуманистических идеалов и ценностей.

Задача книги — конечная цель некой интеллектуальной трансмутации, 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, сейчас являются, безусловно, информационные и биологические (точнее, генетические) технологии.

Основные идеи, изложенные авторами в статьях, положенных в основу книги, выдержали испытание временем, вполне согласуются с современными парадигмами генетики, биотехнологии, теоретической антропологии и биоэтики и при этом обрели не только философскую значимость, но логическую и дисциплинарную строгость научной гипотезы, которая способна стать теорией. 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 в XXI в. Между двумя ее частями лежит не истина, а проблема. Но в споре, как известно со времен Сократа, рождается истина.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
-------------------	---

Часть I

ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЯЕМОЙ ЭВОЛЮЦИИ — СТРАТЕГИЯ ВЫЖИВАНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ГЕНЕТИКИ И БИОТЕХНОЛОГИИ

Введение	14
----------------	----

Наука и технология в истории человечества	14
-------------------------------------------------	----

Хроника генетики, истории	23
---------------------------------	----

Составляющие компоненты успеха	48
--------------------------------------	----

Геномное редактирование — эволюция, управляемая человеком	55
--------------------------------------------------------------------	----

ДНК-технологии	109
----------------------	-----

Методология прикладного использования ДНК-технологий	116
------------------------------------------------------------	-----

Новый взгляд на эволюцию. «Генетическая инженерия» в природных экосистемах	120
-------------------------------------------------------------------------------------	-----

Проблема голода и генные технологии — есть ли альтернатива?	124
-------------------------------------------------------------------	-----

«Зеленая революция»	128
---------------------------	-----

Сокращение урожая и сценарии возможного решения продовольственной проблемы	137
-------------------------------------------------------------------------------------	-----

Прикладные ДНК-технологии.

Достижения и перспективы	139
--------------------------------	-----

Усовершенствование качественных характеристик продукции растениеводства	143
----------------------------------------------------------------------------------	-----

<i>Продукты «здорового образа жизни» («healthy food products»)</i>	146
--------------------------------------------------------------------------	-----

<i>Основные направления коммерческого использования генетически модифицированных растений</i>	147
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

<i>ГМО-растения, устойчивые к насекомым-вредителям</i>	148
--------------------------------------------------------------	-----

<i>ГМО — гербицид-устойчивые растения</i>	151
-------------------------------------------------	-----

<i>ГМО-растения, устойчивые к болезням</i>	154
--------------------------------------------------	-----

<i>Устойчивость к вирусам и вириодам</i>	157
------------------------------------------------	-----

<i>Активизация защитных систем организма</i>	159
<i>Устойчивость к абиотическим факторам</i>	160
ГМО-растения с заданным химическим составом и структурой молекул (аминокислоты, белки, углеводы).....	161
<i>ГМО-растения — продуценты фармакологических препаратов</i>	164
Генные технологии в борьбе с загрязнением окружающей среды. Фиторемедиация.....	165
Использование ДНК-технологий для разработки вакцин	166
ГМО для улучшения сохранности и качества плодов и овощей	170
<i>Биореакторы</i>	171
<i>Основные направления коммерческого использования генетически модифицированных животных</i>	172
<i>Трансплантация эмбрионов</i>	173
Клонирование	174
<i>Трансгенные животные</i>	182
Генетически модифицированные организмы как источник риска.	
Тревоги обоснованные и мнимые	187
Опасность применения пестицидов	194
Возможная опасность ГМО и их научная проверка.....	196
«Движение сопротивления». «Биотехнологический протокол» так и не был подписан.....	206
Биосоциальная природа человека.	
Эра самоконструирования <i>Homo sapiens</i>	209
Генетическая основа поведения	214
Генетические основы познавательных способностей и интеллекта	224
<i>Гены и сексуальность</i>	227
Биоэтика и евгеническое движение	234
<i>Генотерапия</i>	238
Человек как объект технологических манипуляций. Философский и этический аспекты	241
Человек как объект технологических манипуляций. Практический аспект.....	247
Биотехнологическое использование эмбриональных и стволовых клеток человека.....	252
Биополитика. Социальный и юридический контроль развития и использования биотехнологии человека	259
Расшифровка генома человека и генетическая дискриминация.....	268
Новая евгеника?.....	270
Демографическая ситуация, продолжительность жизни и эволюция культуры	277

Перспективы человека. Устоим ли мы?	297
Феномика	315
ДНК-технологии в создании новых организмов	317
Трансгенные растения с общей устойчивостью к болезням.....	319
Геномика	321
Секвенирование ДНК.....	322
Способность местных сортов к адаптации.....	324
Социально-экологические аспекты развития генетической инженерии.....	326
Геномная селекция	334
Генофонд человечества.....	350

Часть II

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В «ОБЩЕСТВЕ РИСКА» С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ФИЛОСОФИИ

Введение. Техногенная цивилизация, «общество риска» и феномен «опасного знания»	355
Биовласть и биополитика	379
Постановка проблемы: научное знание как фактор риска	411
Феноменология и онтология «опасного знания»	413
Социоэкономические и социополитические последствия трансформации науки в «опасное знание»	416
Гипотеза «скользящего склона».....	419
Генетика и генные технологии как «опасное знание».	
Социологический анализ	426
Экспертные оценки перспектив и риска развития генетических технологий. Текстологический анализ	427
Образ генетики и генетической инженерии в массовом сознании. Результаты контент-анализа интернет-ресурсов.....	433
Интеграция генных технологий в жизнь современной цивилизации. «Комедия генетики и нравов»	444
«Случай Мариссы Айалы».....	449
Анемия Фанкони.....	449
Бета-талассемия	450
Кистодный фиброз (муковисцидоз).....	452
Болезнь Альцгеймера.....	452
«Демон Джеймса Уотсона». Биополитические и биоэтические дилеммы репродуктивных технологий	454

«Опасное знание» с точки зрения глобально-эволюционной парадигмы	463
Методология глобального эволюционизма	464
Десинхронизация биологической и социокультурной эволюции в антропогенезе	470
Эволюционная природа феномена «опасного знания»	481
Заключение	490
Эволюционный риск и эволюционная стратегия.....	490
Концептуально-терминологический аппарат теории стабильной адаптивной стратегии человека.....	491
Генезис стабильной адаптивной стратегии <i>Homo sapiens</i>	495
Генно-культурная коэволюция и техногуманитарный баланс	499
Эволюция структуры стабильной адаптивной стратегии <i>Homo sapiens</i> и ее особенности.....	505
Биоэтика как социокультурная адаптация: управление эволюционным риском технологического комплекса <i>High Hume</i>	516
Информационный и семантический компоненты организации стабильной эволюционной стратегии <i>Homo sapiens</i>	524
Коэволюционная семантика эволюционного риска.....	527
Список основной использованной литературы	534

Научное издание

*Валерий Иванович Глазко
Валентин Федорович Чешко
Лида Владимировна Иваницкая
Владимир Федорович Сторчевой*

**ВЕК ГЕНЕТИКИ
И ВЕК БИОТЕХНОЛОГИИ
НА ПУТИ К РЕДАКТИРОВАНИЮ
ГЕНОМА ЧЕЛОВЕКА**

Монография

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве «КУРС»

Подписано в печать 01.07.2016.
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Гарнитура WarnockPro.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 35,0.
Тираж 500 экз. Заказ № 00000

ТК 444900-522289-010716



ООО Издательство «КУРС»
127273, Москва, ул. Олонецкая, д. 17А, офис 104.
Тел.: (499) 709-16-28.
E-mail: kursizdat@gmail.com