

---

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БИОТЕХНОЛОГИИ

*Е.П. Гуськов*

*Понимание общих принципов  
извиняет незнание отдельных фактов  
Гельвеций*

**Д**ар предвидения – способность конструировать процессы и их результаты, проникать в будущее через непостижимые лабиринты обыденного Времени – присущ только тем, кто обладает уникальным духовным и интеллектуальным потенциалом, выступающим в качестве пусковой причинности, недоступной обыденному сознанию.

Пусковая причинность, по определению Ю.А. Жданова, вызывает действие, большее по сравнению с причиной, которое продолжается и после того, как причинный импульс прекратился [1].



**Гуськов Евгений Петрович** – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой генетики Ростовского государственного университета, директор Научно-исследовательского института биологии РГУ.

Эволюция биологических наук и особенно прикладные аспекты новых открытий резко меняют устоявшиеся принципы в технологиях, экономике, социальных отношениях. Последствия направленного изменения базовых, генетических основ Природы трансформируют и природу человека, поэтому они должны быть основаны на двух глобальных принципах, постулированных Ю.А. Ждановым, – пусковой причинности и детерминации будущим: “Если в мире животных и растений детерминация будущим осуществляется бессознательно, то для общества она становится важнейшей тенденцией и закономерностью. Она выступает как идеальный образ, как цель деятельности, как *предвидение*, как перспектива” (курсив мой. – Е.Г.) [2].

Индивидуальное существование большинства организмов немислимо без прогнозов, и представители каждого вида используют эту способность для собственного выживания на более или менее отдаленные сроки, в зависимости от уровня организации. Человеческое общество оп-

тимизировало этот процесс и поставило прогнозы на поток, выделив особую прослойку авгуров, жрецов, юродивых, колдунов, магов, экстрасенсов и т.д. Развитие цивилизации узаконило существование представителей этой информационной службы для их же пользы – чем больше прогнозов, тем меньше индивидуальная ответственность за их точность. Так как за последние 100 лет в цивилизованных странах не отмечено ни одного случая казни или судебного преследования за ложное предсказание, число предсказателей множится по экспоненте.

Среди всего многообразия форм прогнозов можно выделить три основные, наиболее употребительные – астрологические, политические и научные. Первые – индивидуальные – наиболее многочисленны и безобидны, так как обычно не сбывается или сбывается как хорошее, так и плохое. Вторая группа прогнозов, чаще всего неверных, наносит ущерб отдельному государству. Третья – наиболее ответственна и потому, как правило, достаточно точна, так как интеллектуальная патология – неспособность пользоваться законами Природы – гибельна для человечества в целом. Существуют некоторые закономерности, связанные со степенью реализуемости научных прогнозов – чем они долговременнее, тем менее конкретны, чем они локальнее, тем точнее. Кроме того, их исполнение зависит от количества своевременно выполненных условий, реализации основных вех прогноза.

Кратковременный (на 10–20 лет) прогноз развития региональной науки, в частности биологии, зависит от многих факторов, доминирующими среди которых по степени важности являются следующие условия:

- существование научного контингента, обладающего теоретическим потенциалом мирового уровня в различных областях биологии;

- полноценная реализация методологической, методической и технологической оснащенности исследовательского и образовательного процесса;

- учет геолого-географических и экологических особенностей региона, определяющих приоритетные, т.е. конкурентоспособные пути развития научных направлений в регионе;

- соблюдение динамичной оптимизации соотношения фундаментальных и прикладных исследований, при этом стабильное финансирова-

ние научно-образовательной базы и мобильное – производственной.

Оптимальное развитие региональной науки характеризуется непрерывностью звеньев общего цикла динамики социальных процессов: идея – технология – экономика – образование – профессионализм – творчество – идея. При этом классические биологические дисциплины – ботаника, зоология, генетика, биохимия, физиология – обязаны сохранять свою фундаментальность, несмотря на все соблазны новых биологических технологий. Они постоянно балансируют, в реальном и ментальном смысле, на грани между Микромиром и Космосом, которые исследуются совсем другими дисциплинами. Тем не менее подмена фундаментальности биологии технологичностью кажется весьма привлекательной, потому что она знаменует очередной этап демонстрации власти человека над природой, власти, которая целенаправленно создает искусственные биологические формы, приносящие огромные доходы фирмам-производителям. Однако прежде, чем сделать выбор перспективного направления, необходима информация об основных тенденциях и тех результатах, которыми сегодня гордятся генетическая инженерия и биотехнология.

#### *МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ*

Молекулярно-биотехнологическая революция произошла около 20 лет назад, хотя термин “биотехнология” намного старше. В 1917 г. Карл Эреки постулировал, что свекла – сырье, скармливаемое свиньям, – подвергается в их организме биотрансформации и превращается в продукт – свиное мясо. В 70-е годы генетики научились “руководить” метаболизмом микроорганизмов – подавлять или активировать гены, ответственные за синтез органических продуктов, а к 80-м – трансформировать клетки, вводя в них гены других микроорганизмов, растений, животных и человека. Количество компаний, создающих биотехнологические продукты в Америке, выросло за пятнадцать лет с 400 в 1985 г. до 2000 в 2001 г., а объем продаж годовой продукции – с 30 до 80 млрд долларов. Многие страны объявили биотехнологию “стратегической индустрией” и национальным приоритетом [3]. Разные государства в качестве доминирующих определяют различные направления биотехноло-

гии, в зависимости от их научно-технической базы, ресурсов и потребностей. Однако начальные этапы разработки общие: лабораторные поиски “подходящих” микроорганизмов; “пришивание” к их ДНК соответствующих генов, продукты которых фирма желает получить; отработка технологий оптимального культивирования биомассы и выделения продукта. Методы генной инженерии сегодня используют для производства лекарственных средств – фермента ДНКазы I, необходимого для лечения летального наследственного заболевания муковисцидоза, создания моноклональных антител, но, в первую очередь, для получения белков человека – гемоглобина, инсулина, интерферонов, гормона роста, фактора некроза опухоли, фактора роста нервов и еще свыше 30 наименований препаратов. На мировом рынке ежегодный объем продаж лекарств, полученных методами генной инженерии, сегодня оценивают более чем в 150 млрд долларов.

Не менее эффективно применение новых биотехнологических приемов для разработки и производства вакцин против бешенства, ящура, дизентерии, коклюша, столбняка, тифа и иных заболеваний, которые вызывают вирусы, бактерии и одноклеточные паразиты. Традиционные инактивированные вакцины не всегда эффективны – у них короткий срок годности, нередко реверсии к патогенности, кроме того, некоторые патогенные микроорганизмы неохотно растут в искусственных средах. Генетически же модифицированные патогены лишены этих недостатков.

Продукция генно-инженерных технологий чрезвычайно затратна на первых этапах, при создании штаммов-продуцентов, однако пилотные исследования проводятся обычно в небольших лабораториях, штат которых представлен 15–20 сотрудниками. Основной расход инвестиций приходится на отработку технологических деталей поддержания активности штаммов и очистки конечного продукта, при этом процесс культивирования зачастую требует нестандартных творческих решений. Например, продуктивность одного из штаммов, синтезирующих антибиотик актинородин, была незначительной в среде с низким содержанием кислорода, так как продуцент являлся анаэробом. Введение в генотип этого штамма гемоглобина – внутриклеточного переносчика кислорода – повысило продуктивность в 10 раз на 1 г сухого веса при той же концентрации кислорода в среде.

Следует особо отметить, что специфика биотехнологических манипуляций требует тех же условий, что и производство компьютерных чипов – абсолютной стерильности, непрерывности и замкнутости цикла, а также строгого соблюдения прецизионных технологических параметров. Компьютерные технологии проводятся *in silico*, биологические – *in vitro*, что фактически означает одно и то же – в стекле.

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ РАСТЕНИЙ

Мировая практика дает немало примеров оптимизации сельскохозяйственного производства с помощью молекулярной биотехнологии. Традиционные методы получения новых сортов растений с помощью гибридизации и селекции до сих пор считаются искусством, а не наукой. Они трудоемки, долговременны, рассчитаны на десятилетия и в значительной мере зависят от удачи – степень сопротивления любого вида растений или животных усилиям человека изменить их природу зачастую мало предсказуема.

Даже после того как человечество получило в свои руки мощные факторы мутагенеза, воздействующие на геном растений и животных – ионизирующую радиацию и химические мутагены, – успехи традиционной селекции оказались, по сути, минимальными, потому что это были надежды на слепой случай. Природа организма, вопреки желаниям человека, эврибионтна (многогосущностна) и сопротивляется случайностям, корректируя свой метаболизм и стремясь вернуть свою реальную биологическую основу к дикому предковому типу. Поэтому сортовые формы, попавшие в неконтролируемые условия, либо погибают, либо не отличаются от диких родительских форм.

Растения не только снабжают нашу планету кислородом, не только кормят вегетарианцев, но и являются уникальной фабрикой лекарственных продуктов. Растения – это естественные продуценты биологически важных белков и уникальных метаболитов, необходимых для жизни человека. Большинство диких лекарственных и съедобных растений по многим параметрам зачастую малоэффективны с точки зрения селекционеров, поэтому биотехнология предлагает к использованию эти же растительные формы, но измененные генетической инженерией.

Биологи разработали различные методы создания устойчивости к гербицидам, вирусам и насекомым-вредителям. Себестоимость зерна при возделывании устойчивых к насекомым-вредителям культур злаков, полученных биотехнологически, гораздо ниже, чем расходы на химические инсектициды. Очень эффективным оказался метод внедрения в растения гена бактерии *Bacillus thuringenesis*, который ингибирует способность к гидролизу крахмала и некоторых белков растений, в результате чего насекомые погибают. Вещество, выделяемое бактериями (протоксин), безопасно для других живых организмов, так как, попадая во внешнюю среду, оно теряет активность. Зерновка и долгоносик лучистый (злейшие враги зерновых культур) бессильны перед трансгенными растениями, в которые введен ген амилазы, выделенный из обычной фасоли, а инсерция (вставка) бактериального гена холестероксидазы в растения хлопка защищает плантации от личинок хлопкового долгоносика. “Иммунизация” растений генами, кодирующими белок оболочки вируса, повышает устойчивость табака, картофеля, папайи, люцерны, томатов и тыкв к распространенным инфекциям. Введение гена супероксиддисмутазы в растения табака повысило их устойчивость к ультрафиолету, озону, гербициду метилвиологену и значительно отсрочило время увядания листьев при транспортировке. Известно, что рис, томаты, картофель и другие важные сельскохозяйственные культуры очень чувствительны к солевому стрессу, поскольку не способны накапливать осмопротектор бетаин. Введение бактериального гена кишечной палочки *beta* на 80 % повышает устойчивость растения к концентрации солей в почве около 300 мМ!

Различные манипуляции, основанные на введении генов неродственных форм жизни, были использованы для изменения окраски цветов у декоративных растений, повышения времени сохранности плодов, уровня накопления аминокислот, сахаров, липидов и других метаболитов растений.

Еще одним из перспективных направлений развития молекулярной биотехнологии считается создание растений-биореакторов, в полевых условиях производящих лекарства для человека, которые, в отличие от микроорганизмов, не требуют высокотехнологичного оборудования и тщательного ухода. Существует немало технологи-

ческих культур, продуцирующих значительную биомассу – сорго, амарант, клещевина, кукуруза подсолнечник и другие, но человеком используется только малая часть растительной биомассы, главным образом плоды. Если такие растения трансформировать специфическими генами, они смогут продуцировать в стеблях и листьях природно-синтетические лекарства, различные антитела и их фрагменты, гормоны, цитокины, ферменты и другие фармацевтические средства. В этом случае плоды будут использоваться как традиционный продукт, клеточный сок после соответствующей очистки – как фармацевтический препарат, а оставшийся жмых – как корм для животных. Подобные эксперименты уже дали реальные результаты, например, создана форма растений – продуцентов вакцины против гепатита В [4]. Хотя этот эксперимент не реализовался как путь к созданию коммерческого препарата, тем не менее, он вдохновил многие фармацевтические фирмы на многомиллионные вложения в разработку подобных технологий и несомненно, что успех не заставит себя ждать. Тем более, что с использованием этих методик сегодня получено немало трансгенных животных, выполняющих функции мини-биореакторов.

#### БИОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА

Методология выведения пород животных аналогична селекции растений со всеми возможными достоинствами и недостатками. Одной из наиболее трудных проблем для селекционеров является закон корреляции. В процессе отбора сорта или породы на единственный очень ценный признак у растения или животного могут утратиться иные полезные характеристики или даже проявиться нежелательные свойства. Такие “ножницы” зачастую становятся непреодолимым препятствием для получения оптимальной формы. Например, если у злаковых проводить отбор на зимостойкость, то при этом резко падает качество клейковины, а селекция крупного рогатого скота на продуктивность молока снижает содержание в нем жиров. Избежать тупиковых ситуаций в селекции можно с помощью молекулярной биотехнологии – путем точечных направленных изменений незначительного участка генома, который не влияет на проявление остальных признаков.



Весьма заманчивой для биотехнологов оказалась идея получения белков, аутентичных для человека (фактически материнское молоко), или фармацевтических препаратов, употребляемых вместе с коровьим молоком, полученным от трансгенных животных. Проводятся эксперименты по получению трансгенных коров, несущих некоторые гены человека. Их молоко содержит фактор свертывания крови, необходимый для больных гемофилией, лактоферрин и некоторые другие продукты генов, которые в норме отсутствуют в коровьем молоке. При этом продуктивность одного животного весьма высока – при среднем надое 10 000 литров в год можно получить 5 кг трансгенного белка [5]. Сегодня получены трансгенные козы, овцы, кролики, несущие гены человека, продуцирующие различные белки сыворотки, лактоглобулины, казеин и другие белковые вещества. Особенно впечатляющими оказались эксперименты по получению трансгенных свиней, кровь которых синтезирует человеческий гемоглобин – ферма таких животных заменит десятки доноров крови человека [6]. Сегодня созданы трансгенные куры, рыбы и насекомые, имеющие сельскохозяйственную ценность. И, как обычно, мир удивили японцы: для дорогих акустических колонок они изготавливают диффузоры из хитина – основного элемента скелета насекомых. Только этот хитин синтезируют дрожжи, которым ввели ген, отвечающий за синтез данного полисахарида.

Достижения биотехнологии вовсе не отрицают классическую селекцию, которая и в дальнейшем будет служить базовым методом получения основных пород, однако эти породы в свою очередь являются объектом для прецизионной модификации генома методами генной инженерии и молекулярной биотехнологии. Впрочем, существуют задачи с противоположным вектором решения – сохранение уникальных пород и организмов, приобретших в процессе селекции особые свойства и качества, которые невозможно сохранить в поколениях, так как в результате скрещивания животного, одаренного необычными характеристиками, с обычной формой разрушается редкая комбинация генов. Здесь на помощь приходит клонирование – вегетативное размножение животных с помощью пересадки ядра.

Прошло много времени после того, как появилось первое клонированное млекопитаю-

щее, полученное не путем полового размножения – овечка Долли. С тех пор клонирование крупного и мелкого рогатого скота в разных странах, в частности в Австралии, поставлено на поток. Весьма упростились методики клонирования – яйцеклетку разрезают лазером, извлекают собственное ядро, вводят в нее ядро соматической клетки уникального животного, зашивают лазером половинки ооцита и поточным методом получают соматическое потомство, по большинству свойств идентичное отцу или матери, от которых получено ядро. Клонирование становится сегодня весьма актуальным в спортивном коневодстве, несмотря на то, что большинство коневодов считает получение клонов от породистых лошадей “неспортивным” и недопустимым.

Особенно остро сегодня стоит проблема рационального использования природных ресурсов. Взаимодействие человека с дикой природой как источником пищевых продуктов приводит к изменению распределения частот генов в популяциях активно “потребляемых” природных видов и сокращению численности видов, не имеющих промыслового значения, но необходимых для поддержания экологического баланса природы. Не вдаваясь в частные подробности этой проблемы, следует обратить внимание на необходимость сохранения существующего генофонда животных, создания коллекции, подобной той сокровищнице мирового генофонда диких и культурных растений, которую оставил человечеству академик Н.И. Вавилов

В частности, в нашем регионе это касается сохранения генофонда большинства видов рыб Азово-Донского бассейна, а также редких и исчезающих видов дикой фауны. Методы генетической инженерии могут оказаться эффективным инструментом в решении данной проблемы. Это потребует совместных усилий инженеров и биологов для создания специализированных “биосейфов”, которые станут основным источником материала для дальнейших фундаментальных и прикладных исследований. Использование различных методов хранения замороженных органов, тканей и половых продуктов методом криоконсервации потребует подготовки специалистов соответствующего профиля. При этом бесценность коллекций генетического фонда будет возрастать с каждым годом и с каждым поколением человечества.

Особое место занимает использование молекулярной биотехнологии в медицине. Сегодня обычной процедурой становится генная терапия *ex vivo* – исправление генетического дефекта с помощью внедрения в соматические клетки больного нормального аллеля мутантного гена. Эти клетки должны обладать тотипотентностью (неспециализированностью), поскольку они, подобно эмбриональным клеткам, способны в организме человека или искусственной среде превращаться в клетки сердца, печени, селезенки, нейроны и т.п. Однако в костном мозге у взрослого человека частота встречаемости таких клеток крайне низка и составляет  $10^{-4} - 10^{-5}$ . С помощью терапии *ex vivo* сегодня лечат многие наследственные заболевания: комбинированный иммунодефицит, анемию Фанкони, талассемию, болезнь Гоше и еще около десятка наследственных дефектов. Однако генно-инженерные манипуляции и процедуры, в результате которых мутантный ген “исправляется”, очень трудоемки, долговременны и имеют сегодня весьма малый процент успеха.

В то же время, каждый новорожденный имеет практически неограниченный потенциал стволовых клеток, содержащихся в пуповине, которым человечество пока не желает воспользоваться. Если родители каждого родившегося ребенка сохраняют данный провизорный орган, они обеспечат “запасными” тотипотентными клетками (а следовательно, и органами) своего потомка на всю жизнь. Для этого необходимо создавать медико-генетические банки-хранилища индивидуального постродового материала, из которого человек в любом возрасте может затребовать свои “личные” стволовые клетки для “ремонта” нарушенного органа или ткани. Удивительно, что создание “банков пуповин”, как государственных, так и частных, в принципе малозатратное и не требующее сверхдорогого оборудования, до сих пор не получило развития. При этом сбор и сохранение безымянных трофобластов позволяют использовать данный материал для генетически неродственных больных, поскольку запас иммунокомпетентных детерминант, отвечающих за отторжение тканей, у стволовых клеток практически ничтожен, и их пересадка неродственным организмам обычно не вызывает отторжения. Особую значимость приобретает создание национальных банков трофобластов малых этнических групп и народностей как источник моле-

кулярно-генетических исследований и выявления особенностей их генофонда.

Немаловажным условием для долговременного (рассчитанного на многие десятилетия) функционирования хранилища индивидуального и национального генофонда является наличие высококлассных специалистов в области медицинской генетики, цитогенетики и криобиологии, которые профессионально исследуют стволовые клетки новорожденного, описывают его геномный паспорт и сразу после рождения определяют границы генетически обусловленной адаптации к различным факторам внешней и внутренней среды.

Все вышеизложенные возможности использования генно-инженерных биотехнологий имеют немало плюсов и минусов, поэтому выбор конкретного проекта, требующего значительных или небольших инвестиций нуждается в детальной научной, технологической и этической проработке. Выбор тренда исследований и их эффективность зависят от многих параметров – от суммы вложений до компетентности коллектива, реализующего конкретный проект. При этом следует помнить, что взгляд в будущее для истории человечества основан не только на профессионализме, но и на совести, на Кантовском категорическом и гипотетическом императиве.

#### РЕАЛЬНОСТИ И МИФЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

Как это обычно происходит с человечеством, которому предлагают новые технологии – будь то паровоз или мобильный телефон, – сегодня во всем мире возникли движения, протестующие против использования трансгенных организмов для нужд человечества. Однако их правота или заблуждения, как правило, решаются не на всенародных референдумах, а на основе научных фактов.

Впервые официальное разрешение на использование в пищу человека трансгенного растения получил томат, созданный фирмой Calgene и названный FlavStar в США. Этот овощ имеет очень длительный срок созревания, может долго храниться, так как спелость плодов наступает только в зимний период.

В 1994 г. после пятилетнего срока испытаний Федеральное агентство разрешило продавать эту форму без маркировки ГМП – генетически модифицированный продукт, что свидетельствует о его полной генетической безопасности. В том же году были выданы сертификаты безопасности на трансгенные продукты, скон-

струированные разными фирмами – два сорта томатов, тыква, в которую были введены два гена устойчивости к двум разным вирусам, картофель, соя и хлопок, устойчивые к гербицидам. За прошедшее десятилетие, кажется, не осталось ни одного важного сельскохозяйственного растения, которое не подвергалось генно-инженерной модификации – здесь кукуруза, бананы, виноград и многие другие формы. Еще ранее – в 1990 г. был разрешен к применению полученный генно-инженерными методами химозин – сычужный фермент для сыроваренной промышленности, который ранее получали из желудков новорожденных телят. Генетически модифицированные продукты все шире завоевывают рынок, и все сильнее раздаются голоса о необходимости их запрета.

Причины выступлений против генетически модифицированных продуктов, как правило, имеют экономическое обоснование. Сорта, полученные традиционными методами искусственного отбора – трудоемкими и длительными по времени, – сегодня становятся неконкурентоспособными с формами, полученными с помощью биотехнологии. Это многолетняя вражда между художником и фотографом, театром и кино, искусством и ремеслом. Действительно, биотехнология, манипулирующая с небольшими участками нити жизни – ДНК, выступает как ремесло, инженерное дело, но она создает организмы с новыми свойствами.

Коллективный разум человечества весьма консервативен, поэтому всякое новое социальное событие должно в нем перевариться и воспринять его как традицию только после длительного осмысления. Молекулярная биотехнология сегодня для коллективного бессознательного не “*tabula rasa*” – чистая доска, на которой пишется продовольственная программа для общества, – а повод оценить степень своего противодействия различным нововведениям. Идеологические противники продуктов, полученных методами молекулярной биотехнологии, с высокой степенью эффективности используют психологическую матрицу “информация без понимания страшнее невежества”, поскольку только невежество лежит в основе ксенофобии, а ксенофобия – основная причина любой агрессии.

Восприятие разумом новых реальностей всегда вступает в противоречие с нашей эмоциональной памятью, что хорошо демонстрируют обыденные примеры. Заказывая шашлык из ба-

ранины или свинины, мы не задумываемся о возможностях переноса свойств этих животных на наше поведение. Народы, употребляющие в пищу змей, скорпионов или саранчу не приобретают их свойства, хотя все гены этих животных, отвечающие за ядовитость или популяционный взрыв, они “получили”, но эти гены не проявляются.

Наш подсознательный ламаркизм диктует идеологию известной сказки – “братец Иванушка, не пей из копытца – козленочком станешь”. Каждый человек, как и все живое, не способен синтезировать собственные органические вещества, употребляет разнообразные продукты питания, не задумываясь о видоспецифичности. Все чужое – белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты – пищеварительная система разлагает на элементы, не имеющие специфических характеристик, и через сложные процессы внутреннего обмена веществ превращает их в собственное специфическое тело.

Можно выделить несколько простых постулатов, которые помогут адекватно отнестись к генетически модифицированным продуктам.

1. Все штаммы микроорганизмов, сорта растений и породы животных являются генетически модифицированными, независимо от того, каким способом они созданы. В процессе традиционной селекции путем внутри- или межвидовой гибридизации элиминируются или вводятся гены, изменяющие природу исходной (дикой) формы.

2. Генетическая модификация сорта или породы методом молекулярной биотехнологии принципиально не изменяет свойства организма, употребляющего этот продукт, и поэтому не представляет для него опасности.

3. Большинство органических биополимеров, в том числе и ДНК, утрачивает видоспецифичность в процессе переваривания пищи.

4. В природе существует процесс “параллельного переноса генов”, при котором вирусы и бактериофаги осуществляют обмен генетической информацией между эволюционно неродственными видами – растениями и животными, позвоночными и беспозвоночными. И человек не является исключением из правила.

5. Человек не знает генетическую структуру большинства продуктов питания, что создает иллюзию их пищевой ценности и качества, поэтому знание о характере генетической модификации сорта или породы, как правило, свидетельствует о безопасности произведенного продукта.

*ЧТО ДЕЛАТЬ?*

Все затронутые проблемы могут иметь реализацию в рамках как частных, так и государственных решений. При этом на первом месте стоит вопрос о тех, “кто решает все” – о кадрах. В классических университетах необходимо активизировать работу кафедр молекулярной биологии, которые должны поставлять на рынок труда теоретиков, фундаментально владеющих идеологией молекулярно-генетических концептуальных прогнозов развития данной дисциплины. Существенный вклад в идеологию развития молекулярной биотехнологии должны внести химики-органики и биохимики, которые оптимально владеют методологией манипулирования с биополимерами. В технических вузах необходимо вводить специальности “биотехнология” и “биоинженерия”, открывать соответствующие кафедры, так как прикладная генно-инженерная составляющая сегодня является стеновым хребтом при создании биотехнологических производств. Эти специальности являются приоритетными при подготовке молекулярных инженеров в немногих ведущих университетах мира – Калифорнийском технологическом институте, Кембридже и Санкт-Петербургском технологическом институте. И в вузах Южного Федерального округа

имеются все потенциальные возможности для реализации подобных образовательных программ.

Появление молекулярной биотехнологии начинает оказывать значительное влияние на все стороны жизни общественных систем, прогресс или упадок которых теперь в значительной степени будут зависеть от той интеллектуальной элиты, которая обладает главными на сегодняшний день человеческими достоинствами – философией пусковой причинности и детерминацией будущим.

*ЛИТЕРАТУРА*

1. *Жданов Ю.А.* Пусковая причинность // Избранное. Т. 2. Ростов н/Д, 2001. С. 96.
2. *Он же.* Детерминация будущим // Там же. С. 112.
3. *Bud R.* The uses of life: a history of biotechnology. Cambridge, 1999.
4. *Золова О.Э., Рекавцова Е.Б., Бурьянов Я.И. и др.* Создание трансгенных линий табака, экспрессирующих ген поверхностного гена гепатита В // Биотехнология. 1998. № 3. С. 29–34.
5. *Clark A.J.* Genetic modification of milk proteins // Am. J. Clin. Nutr. 1996. V. 63. P. 633–638.
6. *Swanson V.E., Martin M.J., D’Onn K. et al.* Production of functional human hemoglobin in transgenic swine // Biotechnology. 1992. V. 10. P. 557–559.

28 июня 2004 г.