

МОГУЩЕСТВО РОССИИ ПРИРАСТЕТ БИОЛОГИЕЙ



ВИЦЕ-ПРЕЗИДЕНТ РАН, И.О. АКАДЕМИКА-СЕКРЕТАРЯ
ОТДЕЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК РАН, АКАДЕМИК РАН И РАМН

Анатолий Иванович Григорьев

Эра биоэкономики

К концу XX века усилиями в первую очередь мировых технологических лидеров – Японии, США, ряда стран Евросоюза (Германия, Швеция, Франция и др.) – был сформирован пятый технологический уклад постиндустриального общества, включающий электронику, вычислительную и оптоэлектронную технику, телекоммуникации, роботостроение, химическую индустрию, космические и другие важнейшие технологии. В первой декаде XXI века технологии использования возобновляемых биоресурсов, созданные на основе достижений наук о жизни, или, кратко, биотехнологии (БТ), вместе с нанотехнологиями, информационными системами, в том числе с элементами искусственного интеллекта, и биоинформатикой становятся ядром формирующегося в наиболее экономически развитых странах мира шестого технологического уклада.

Сегодня именно уровень развития БТ является одним из важных критериев оценки экономического статуса отдельных государств. Поэтому практически все развитые страны имеют собственные программы развития биоэкономики, основанной на знаниях. Руководство этих стран понимает, что для их экономик биотехнология сегодня является национальным мегапроектом, в который должны быть интегрированы все ключевые структуры государства, частного сектора и общества в целом. По масштабу и стимулирующему эффекту для национальных экономик биотехнологию можно сравнить с ядерной и космической программами прошлого века.

Многолетним лидером в биотехнологии являются Соединенные Штаты Америки, расходы которых на основополагающую научно-исследовательскую деятельность составляют 13,6 млрд. долларов. Тем не менее, несмотря на сохраняющийся отрыв от конкурентов, здесь принята долго-

срочная программа по развитию биотехнологий до 2025 года. Одной из ее целей заявлено доведение уровня продукции химической индустрии *из возобновляемого сырья до 25%*.

В 2002 году Европейская Комиссия признала отставание Европы от США в области биотехнологии и заявила, что имеет целью восстановление лидерства Европы в науках о жизни и биотехнологических исследованиях. ЕС рассматривает биотехнологию как наиболее приоритетную сферу деятельности и предоставляет европейским государствам, их участникам солидную платформу для кооперации и усиления потенциала НИОКР в целях преодоления отставания от США. Расходы на НИОКР (в которых заняты 44% всех биотехнологов) составили в ЕС 7,6 млрд. евро. В последние годы бурное развитие БТ отмечается в Китае, Индии, Бразилии, Малайзии, имеющих целенаправленную государственную поддержку и уже реализуемые национальные биотехнологические программы. При этом научное обеспечение БТ происходит в рамках государственных исследовательских программ с последующей коммерциализацией результатов частным сектором.

Сегодня прорыв в области технологий живых систем невозможно осуществить одним только финансированием научно-исследовательских работ. Специфика БТ – тесная связь фундаментальных исследований и прикладных разработок. Зачастую к промышленному освоению нового биотехнологического процесса и производству готовой продукции биоиндустрии приступают практически одновременно.

В результате такой политики на Западе сформировалась система государственно-частного инновационного партнерства, при котором государство и бизнес выступают как равноправные партнеры, взаимно дополняя друг друга. Государство, поддерживая проведение научно-исследовательских работ и систему образования, являющиеся источниками инноваций, создает благоприятные условия и среду стимулирования предпринимательства, а бизнес берет на себя коммерческие риски работы.

Характерной чертой организации БТ в развитых странах, обеспечивающей беспрецедентные экономические выгоды, является ее инфраструктура. Все университеты, научно-исследовательские центры работают в тесном контакте с малыми предприятиями. Вместе они составляют необходимую среду по трансферу новейших технологий, по переносу и доведению этих технологий от науки сначала к среднему, и далее – к крупному бизнесу. В результате успешной работы этого механизма ежегодный прирост динамично развивающегося мирового рынка биотехнологической продукции составляет 7–10%. За последние 5 лет мировой объем продаж биотехнологической продукции вырос в 3 раза, достигнув величины порядка 163 млрд. долларов. В настоящее время в мире имеется более 5 тыс. биотехнологических компаний с рыночной капитализацией около 700 млрд. долларов и ежегодным оборотом в 75 млрд. долларов.

Потребности здравоохранения, сельского хозяйства и пищевой промышленности, необходимость решения проблем старения населения и защиты окружающей среды формируют в мире устойчивый спрос на:

- биотехнологическую продукцию для пищевой промышленности и сельского хозяйства (с годовым объемом продаж около 45 млрд. долларов);
- генно-инженерные препараты (с годовым объемом продаж в 26 млрд. долларов) и косметические средства из растительного и животного сырья (с годовым объемом продаж около 40 млрд. долларов);
- семенной материал растений, усовершенствованных методами генной инженерии (с годовым объемом продаж в 30 млрд. долларов);
- биотопливо.

Доходы компаний, занимающих первые места на мировом биотехнологическом рынке, уже в 2004 году составили 35,9 млрд. долларов. В Евросоюзе к 2008 году насчитывалось уже более 2200 биотехнологических компаний (из более чем 5 тыс. в мире). Их общий годовой доход только за 2008 год достиг 21,5 млрд. евро, что соответствует показателям США на 2002 год. В Китае принята программа, нацеленная на доведение к 2010 году объема национальной биоэкономики до 100 млрд. долларов, к 2015 году – до 200 млрд. долларов, а к 2020 году – до 500 млрд. долларов.

На БТ возложены основные надежды XXI века – профилактика и излечение от наследственных болезней, рака, новых (например, птичий грипп) и возвращающихся инфекций, СПИДа и др., про-



дление человеческой жизни с использованием генодиагностики, генотерапии и эффективных генно-инженерных лекарств. По данным экспертов Евросоюза, ожидается, что уже к 2010 году мировой объем секторов экономики с преобладающим участием биотехнологий, достигнет примерно 2 трлн. евро.

Научной основой перспективных технологий живых систем стали генная и белковая инженерии. Новые биотехнологии практически не имеют сейчас ограничений для целенаправленного создания генетически модифицированных (ГМ) растений, животных и микроорганизмов с заданными полезными свойствами. Современная биология создает фундаментальные основы для создания продуцентов различного рода веществ по двум направлениям. Во-первых, в ходе идентификации все новых генов человека и других организмов выявляются все новые биорегуляторы и их рецепторы, которые можно использовать в качестве лекарственных препаратов для медицины и ветеринарии. Во-вторых, совершенствуются системы экспрессии различных генов в разнообразных клетках и организмах, что в свою очередь создает две перспективы:

1. Создание клеток (бактериальных и эукариотических) и организмов (растений и животных), продуцирующих различного рода вещества, которые далее могут использоваться как лекарства, пищевые добавки, ферменты в заводских процессах, или компоненты диагностикомов или вакцин.
2. Создание организмов с улучшенными свойствами, например, трансгенных растений, устойчивых к засухам или засолению, или животных, устойчивых к инфекциям.

Наиболее впечатляющим достижением в области создания новых продуцентов можно назвать создание живых ферментеров – животных, секретирующих лекарственные препараты в молоко. Развитие технологий создания трансгенных животных делает процедуру создания такого ферментера достаточно рутинной. Эти технологии базируются на достижениях генетики соматических клеток, и в последнее время намечается тенденция использования для этих целей систем клонирования животных.

Области практического применения технологий живых систем

1. МЕДИЦИНА

В начале XXI века получен большой объем знаний о структуре генетического аппарата, его функционировании и регуляции экспрессии генов. Расшифрованы геном человека и молекулярные механизмы, лежащие в основе конкретных заболеваний. Полнее стали представления о клеточных процессах как о целостной органической системе и возможностях модификации клеточного материала. В совокупности с результатами исследований в области клеточной биологии и иммунологии, медицинской биохимии и физиологии эти знания привели к разработке принципиально новых подходов, необходимых для решения многих проблем медицины, и в распоряжении врачей широчайший спектр новых методов и средств диагностики, профилактики, лечения и реабилитации с доказанной эффективностью и безопасностью.

Возможно, наиболее ярко огромный практический потенциал современной биологии проявляется именно в биомедицинских исследованиях. Здесь существует большой перечень развития перспективных подходов и направлений, имеющих большое практическое значение:

- идентификация генов и их продуктов, ответственных за возникновение заболеваний, наследственных и приобретенных;
- анализ генетических механизмов взаимодействия инфекционных агентов (вирусов, бактерий) с организмом;
- анализ генетических систем, ответственных за метаболизм лекарственных препаратов в организме (фармакокинетику), их полиморфизма и корреляции этого полиморфизма с различной устойчивостью индивидуумов и популяций к действию лекарственных препаратов;



- анализ генетических систем, кодирующих мишени воздействия лекарственных препаратов в организме (фармакодинамику), их полиморфизма и роли этого полиморфизма в различии восприимчивости людей к одному и тому же лекарству;
- развитие систем лечения, основанных на введении в организм новой генетической информации, призванной исправлять наследственные или приобретенные генетические дефекты или подавлять генетические изменения, связанные с проникновением инфекционных агентов (генная терапия);
- развитие группоспецифических средств лечения, основанных на нацеленном применении лекарственных препаратов в генетически охарактеризованных группах, проявляющих к ним восприимчивость и не подверженных побочным эффектам;
- развитие интенсивных методов диагностики, основанных на выявлении генетических дефектов на уровне целого генома и продуктов его экспрессии;
- переход в диагностике к скринингу популяций и от диагноза болезней к выявлению предрасположенности к болезни;
- использование нативных и модифицированных стволовых клеток.

Медицинские биотехнологии обеспечивают развитие молекулярной медицины и ее применение в клинической практике для лечения, предупреждения болезней и реабилитации пациентов.

Среди приоритетных направлений научных исследований наибольшее внимание уделяется фундаментальным исследованиям по геномике, протеомике, постгеномным технологиям, биотехнологиям, нанотехнологиям, которые направлены на решение проблем наиболее социально значимых заболеваний, и в первую очередь сердечно-сосудистых и онкологических.

Так, например, разрабатываются методы терапии, коррекции индивидуального гена или группы генов, контролирующей пролиферацию или дифференцировку клеток. Это позволит, например, отойти в онкологии от стратегии уничтожения клонов злокачественных клеток и перейти к стратегии лечения клетки, исправления ее генетического аппарата. Возможность генотерапии открывает дорогу к лечению иммунодефицитных состояний, эндокринопатий, гемоглобинопатии и многих других заболеваний.

Говоря об идентификации генов, ответственных за возникновение заболеваний, следует отметить, что весьма успешной оказалась стратегия позиционного клонирования. С ее помощью удалось идентифицировать множество генов, включая гены, ответственные за такие тяжелые заболевания, как муковисцидоз, преждевременное старение (синдром Вернера), нейрофиброматоз I и II типов, рак молочной железы, а также другие виды наследственной предрасположенности к опухолям, мышечной дистрофии Дюшенна и миотонической дистрофии и множеству других.

Основной задачей генетики человека в ближайшие годы будет систематическая идентификация генов и их продуктов, ответственных за предрасположенность к таким болезням, как атеросклероз, гипертония, психиатрические заболевания, болезнь Альцгеймера, диабеты I и II типов, астма, ревматоидный артрит, и, вероятно, существенные факторы, вносящие вклад в развитие процессов старения. Эти болезни широко распространены и наносят значительный экономический ущерб обществу. Пути, которыми развивается медицинская геномика в этом направлении, определены, но в краткой статье останавливаться на этой проблеме нет возможности. Понятно, что идентификация генов болезней позволяет осуществить точный диагноз и выработать наиболее рациональные пути лечения, включая генно-терапевтические воздействия.

Прогресс в анализе генетического полиморфизма в отношении восприимчивости к лекарствам приводит к возникновению нового направления геномики – фармакогеномики. Сегодня медицина опирается на статистические данные, касающиеся всей человеческой популяции. Эти данные используются для лечения пациентов без учета их индивидуальных особенностей. Задачей фармакогеномики в ближайшем будущем является систематическая идентификация вариаций в последовательностях множества генов, вовлеченных в реакцию организма на условия окружения, в том числе на действие лекарственных препаратов. К таким генам относятся:

- гены, контролирующие метаболизм ксенобиотиков в организме;
- гены репарации нуклеиновых кислот;



- гены контроля клеточного цикла;
- гены контроля программируемой клеточной смерти (апоптоза);
- гены контроля передачи сигнала от поверхности клетки в ее ядро.

После такого рода скрининга можно будет разделить популяции на группы по принципу генетической восприимчивости и, следовательно, выработать стратегии наиболее эффективного и персонализированного лечения. Особо следует отметить генетические межэтнические различия в восприимчивости к лекарствам, которые существуют и которые ставят перед медициной каждой страны задачу анализа восприимчивости к лекарствам в связи с особенностями гаплотипов в популяциях, живущих в этой стране. Некоторые специалисты называют эту область фармакогеномики фармакоантропологией.

Развитие фармакодинамики, по-видимому, расширит возможности персонализации медицины. В настоящее время стандартная фармакология использует около 500 мишеней воздействия лекарственных препаратов. Это компоненты молекулярной системы обеспечения жизнедеятельности, либо инфекционные агенты. Биохимически это рецепторы, ферменты, факторы роста, гормоны, ионные каналы, ядерные рецепторы, ДНК и др. Ожидается открытие 3–10 тыс. новых мишеней воздействия лекарственных препаратов.

Биотехнология предопределяет изменение парадигмы ведения больных в сторону персонализации лечения, усиления индивидуальной и общей профилактики болезней на основе знания генетической предрасположенности к ним конкретного человека и их точной диагностики, а также – целенаправленного скрининга и использования новейших лечебных средств. В результате медицинские методы из стандартизированных и усредненных превратятся в групповые и индивидуальные.

Исследования стволовых клеток и ксенотрансплантации открывают перспективы замещения тканей и органов при лечении дегенеративных заболеваний и поражений при параличе, болезнях Альцгеймера и Паркинсона, травмах спинного мозга и ожогах.

В ряде институтов Отделения биологических наук Российской академии наук и ведущих университетах России успешно ведутся комплексные исследования закономерностей и механизмов развития организмов, процессов дифференцировки тканей и органов. Исследования в области клеточной биологии, или биологии развития, являются исключительно актуальными и имеют своей целью разработку технологий для лечения многих заболеваний, в том числе онкологических, сердечно-сосудистых, нервных и т.д.

Хотя эта сфера клеточных технологий только начинает развиваться, она уже достаточно строго регламентируется. Так, в нормативных актах Евросоюза даны определения продуктов клеточных технологий, хотя далеко не все они существуют де-юре (не зарегистрированы в установленном порядке):

- продукты, содержащие обработанные клетки или ткани либо состоящие из них, применяются для регенерации, восстановления или замещения человеческих тканей;
- генные терапевтические методы и средства обеспечивают перенос генов в клетки человека или животного (например, при гемофилии, муковисцидозе);
- соматические клеточные терапевтические методы и средства, полученные за счет изменения свойств клеток, обеспечивают терапевтический, фармакологический или профилактический эффекты.

Одной из основных областей применения стволовых клеток является так называемая клеточная, или регенерационная, терапия. Она включает в себя два направления: тканевую инженерию – одну из самых развитых и реально работающих клеточных технологий, которая занимается выращиванием из клеточного материала органов и тканей (искусственная кожа, хрящи, кость, сухожилия и даже позвоночные диски), и восстановление функций пораженных органов, находящиеся в стадии интенсивных разработок.

Общий принцип клеточной терапии состоит во взятии стволовых клеток у пациента, 1000–20000-кратном увеличении их числа и возвращении в очаг поражения для восстановления поврежденных тканей. Так, на факультете фундаментальной медицины МГУ им. Ломоносова в сотрудничестве с Российским кардиологическим научно-производственным комплексом Минздрава России создана технология использования клеток из жировой ткани для восста-



новления сосудов, миокарда и нервной ткани человека, которая будет совершенствоваться для использования в клинике. Безоперационное введение стволовых клеток в миокард после инфаркта позволяет значительно уменьшить зону инфаркта и за меньшие сроки добиться более полного восстановления миокарда. Для этого разработано отечественное оборудование, которое существенно повышает эффективность клеточной терапии и на порядки дешевле западных аналогов.

В настоящее время примерно 150 фирм в мире занимаются разработкой препаратов на основе стволовых клеток, которые могут стать крупнейшим прорывом в медицине со времен изобретения антибиотиков. Журнал «Science» опубликовал прогноз, согласно которому оборот этих препаратов уже в ближайшее время составит 10 млрд. долларов в год, а по прогнозу компании «Кайзер» (Германия) к 2020 году оборот препаратов стволовых клеток в мире может достичь 171 млрд. долларов в год.

Европейские эксперты полагают, что в результате развития медицинских биотехнологий медицина к 2030 году станет превентивной (диагностика станет настолько совершенной, что лечение будет начато до появления симптомов у больного); профилактической (будут известны генетические предрасположенности каждого человека) и индивидуальной, учитывающей особенности человека и позволяющей, например, подобрать правильное, научно выверенное «функциональное» питание и назначить наиболее эффективные лекарственные препараты. Будет реально освоена генотерапия и введена в медицинскую практику заместительная терапия на основе конструирования тканей и органов из стволовых клеток. Как результат, ожидается, что средняя продолжительность жизни в наиболее развитых странах к 2030 году может достичь 90–100 лет.

2. ФАРМАЦЕВТИКА

Разработка и производство биотехнологических лекарственных средств, как, например, антибиотики, витамины, вакцины, ферменты и аминокислоты, превратилась в самую быстроразвивающуюся область биотехнологий. Начинается конкуренция между традиционными синтетическими лекарственными средствами и биофармацевтическими препаратами. Новейшие продукты этого типа – генно-инженерные мишень-направленные лекарства и вакцины. Становится привычным новый термин «биофармация». В 2006 году объем мирового фармацевтического рынка составлял примерно 700 млрд. долларов, 10% из них уже приходится на долю биотехнологий. Лидеры в этой области на сегодняшний день – США и Германия.

К настоящему времени общество уже получило от биотехнологий целый арсенал лекарств нового поколения, позволяющих эффективно лечить инфекционные и онкологические заболевания, сахарный диабет и гипертонию, сердечную недостаточность, язву желудка, депрессии, гемофилию и другие болезни, ранее означавшие смертный приговор для пациента. Их разработке предшествовало освоение других биотехнологических методов, в частности ферментации бактерий и грибов, которые позволили развить промышленное производство низкомолекулярных лекарственных средств, например, ингибиторов ГМГ-КоА-редуктазы (гидрокси-метилглутарил-кофермента-редуктазы), антибиотиков и иммуносупрессоров.

Биотехнологические лекарственные средства существенно отличаются от генно-модифицированных организмов, поскольку в них используется естественная способность клеток к метаболизму. Для их получения необходимо изолировать и изменить геномную ДНК исходного продукта таким образом, чтобы он приобрел неспецифическую для данного вида способность к биосинтезу, которая и находит применение в лекарственном средстве. Рекомбинантные микробиологические штаммы становятся суперпродуцентами биологически активных веществ. Исходным субстратом служат клетки животного происхождения или микроорганизмы (бактерии *E. coli*, дрожжи и др.), при этом используются их клеточные и субклеточные структуры.

Наиболее актуально создание генно-модифицированных организмов для получения рекомбинантных терапевтических протеинов. В настоящее время уже используется 115 лекарственных средств на основе 84 терапевтических протеинов. В 2006 году в США в разработке находилось 418 биофармацевтических лекарственных средств, в Европе – 320. Часть из них уже проходит кли-



нические исследования и скоро станет доступной. По прогнозам, в 2015 году половина новых лекарств в мире будет основана на протеинах или олигонуклеотидах.

Ожидается, что введение их в медицинскую практику резко снизит затраты здравоохранения и сделает их доступными для широких слоев населения. В руках у врачей окажутся еще более эффективные препараты для борьбы с заболеваниями, многие из которых раньше не могли эффективно лечить.

3. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

В области сельского хозяйства и производства продовольствия БТ обладают потенциалом, позволяющим повысить качество продовольствия и оказать благотворное действие на окружающую среду благодаря использованию усовершенствованных сельскохозяйственных культур.

Примером активного внедрения биотехнологических растений в экономику являются США, осуществившие фактически полный переход фермерского сельского хозяйства на генно-модифицированные сорта кукурузы, соевых бобов и хлопка.

Согласно данным FDA, министерства сельского хозяйства США, в 2006 году 73% кукурузы, 87% хлопка и 91% соевых бобов, выращенных на территории США, были генетически модифицированными растениями так называемого первого поколения (то есть содержащими один ген и стохастически внедренный признак).

Агентство IPS-news отмечает, что, несмотря на неутрачивающие споры о потенциальных рисках ГМ-продукции, четыре страны продолжают выращивать 99% всех ГМ-культур в мире. В США, где находится штаб-квартира биотехнологической корпорации «Монсанто», выращивается 55% ГМ-культур, остальные произрастают в Аргентине, Канаде и Китае.

Общемировой экономической эффект для фермеров, использующих на своих полях ГМ-культуры, составил в 2004 году 6,5 млрд. долларов, а в целом за период 1996–2006 годов – 27 млрд. долларов (13 млрд. долларов в развивающихся странах и 14 млрд. долларов – в индустриально развитых). Важнейшим экологическим эффектом выращивания ГМ-культур является существенное сокращение объемов применения пестицидов и инсектицидов.

Важным примером, насколько крупный экономический эффект можно получить, вкладывая средства в развитие передовых биотехнологий, является проект создания новых сортов пшеницы, устойчивых к основному вредителю зерновых культур – клопу вредной черепашке, разработанный в Институте биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН.

Хлебные злаки (пшеница, рожь и ячмень) являются стратегическим продуктом для России, поскольку около половины населения страны получают 80% белка и 70% углеводов исключительно из хлебных и крупяных продуктов. Нарращивание производства высококачественного зерна – основа для развития пищевой и перерабатывающей промышленности.

Клоп вредная черепашка является особо опасным экономически значимым вредителем пшеницы, ржи и ячменя в России и западных районах Азии. Периодически он вызывает чрезвычайные ситуации в зерновом комплексе страны. Так, в 1997 году поврежденность зерна, потеря его качества и перевод из продовольственного в фуражное составили: в Ставропольском крае – 30%, в Краснодарском крае – 50%, в Ростовской области – 80–100%. Из-за снижения качества зерна из продовольственных ресурсов страны было выведено 5 млн. тонн продовольственного зерна, а общий ущерб составил 2 трлн. рублей (в ценах 1996 года). В 1999 году 70% закупленного зерна пшеницы и ржи урожая 1999 года в Самарской области использовались как фураж.

При поражении черепашкой лишь 2–3% зерен потеря хлебопекарных свойств достигает 100% – хлеб «не всходит». При потере хлебопекарных качеств цена пшеницы и ячменя уменьшается в два раза.

Расходы на инсектициды против черепашки только по одной Саратовской области достигают до 1,9 млрд. рублей, а общие потери бюджета составляют десятки миллиардов рублей ежегодно (в ценах 2008 года). Несмотря на широкий круг используемых инсектицидов, в популяциях вредной черепашки сформировалась резистентность, в том числе и перекрестная и множественная. Это требует применения возрастающих концентраций и увеличения кратности обработок при постоянном снижении эффективности защитных мероприятий.



Предполагается, что в ходе реализации проекта, стоимостью около 300 млн. рублей (в ценах 2008 года), с помощью современных методов генной инженерии в течение 5 лет основные сорта мягкой и твердой пшеницы, широко районированные на юге Российской Федерации и в Поволжье, получат новые свойства, обеспечивающие устойчивость к клопу-черепашке, что позволит полностью решить эту проблему для нашей страны и обеспечит многократную экономию средств федерального бюджета.

Можно сказать, что развитие наук о жизни заложило предпосылки экологически чистых технологических процессов и интенсивных сельскохозяйственных технологий. Это особенно важно ввиду намечающихся демографических и экологических кризисов перенаселенной планеты.

При этом на данный момент в мире нет ни одного доказанного случая токсичности или неблагоприятного влияния биотехнологических культур как источников пищи или кормов, нет ни одного отчета о неблагоприятном экологическом воздействии биотехнологических растений.

В 2005 году Всемирная организация здравоохранения опубликовала отчет на тему «Современная пищевая биотехнология, здоровье и развитие человека». В нем приведены результаты изучения влияния ГМ-продуктов на здоровье человека и в очередной раз сделаны выводы о безопасности разрешенных к коммерческому использованию трансгенных культур.

Британская медицинская ассоциация опубликовала свою позицию по ГМ-продуктам, согласно которой «существует очень малая вероятность того, что биотехнологические культуры как источники пищи причиняют вред здоровью», что «многое из того, что беспокоит людей в отношении «новых» ГМ-продуктов питания, в такой же степени относится и к традиционной пище».

В Кельнском протоколе Евросоюза (2007 год) прогнозируется, что к 2030 году отношение к сельскохозяйственным ГМ-культурам изменится в сторону одобрения их использования и что мировое сообщество примет ГМ-растения со всеми их преимуществами и рисками, свойственными любой технологии.

4. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Сегодня бесспорным представляется тот факт, что промышленная биотехнология постепенно становится ключевой составляющей промышленных процессов производства биоматериалов, химических веществ и энергии. Сейчас она характеризуется тандемом самой передовой науки и технологических подходов, обеспечивающих интенсификацию производственных процессов и утилизацию получающихся отходов с целью получения чистой продукции и одновременного сохранения глобальной окружающей среды.

В настоящее время можно назвать несколько перспективных направлений, уже реализуемых или близких к реализации:

- применение микроорганизмов для повышения выхода нефти и выщелачивания цветных и редкоземельных металлов;
- конструирование бактериальных штаммов, способных заменить дорогостоящие неорганические катализаторы и изменить условия биосинтеза, для интенсификации промышленных процессов и получения принципиально новых соединений;
- направленный биосинтез новых биологически активных препаратов – аминокислот, ферментов, витаминов, антибиотиков, различных пищевых добавок и других продуктов;
- биосистемы для решения экологических и энергетических проблем.

В условиях все более интенсивного потребления невозобновляемых источников углеводородного сырья, сопровождающегося стремительным ростом мировых цен на нефть и газ, весьма актуальной становится проблема получения биотоплива бродильными микроорганизмами. Большое внимание в настоящее время уделяется изучению роли микробов в глобальных биосферных превращениях углерода, серы и азота. Фундаментальные исследования по проблеме биоразнообразия микроорганизмов не только дают более полное представление о микроорганизмах нашей биосферы, но и позволяют использовать уникальные ферментативные возможности этих организмов для создания новых технологических процессов: производства аминокислот, антибиотиков, витаминов и других физиологически активных соединений, в пи-



щевой и винодельческой промышленности, для добычи и переработки полезных ископаемых, очистки сточных вод, загрязненных почв и водоемов.

Эти исследования являются основой биогеотехнологии, к достижениям которой следует отнести разработки в области получения драгоценных и редкоземельных металлов, а также новые микробиологические методы повышения отдачи нефтяных пластов. Так, использование биотехнологии повышения нефтеотдачи, разработанной в Институте микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, только на промыслах нефтяной компании «Татнефть» позволило получить более 4 млн. баррелей дополнительной нефти, причем расходы на внедрение этой технологии не превышают 50 рублей за баррель. Внедрение разработанной там же технологии бактериально-химической переработки арсенипиритных концентратов на ЗАО «Полюс» (Красноярский край) позволило за период 2001–2006 годов получить дополнительно 143 тонны золота (15% от общероссийской продукции золота). В настоящее время построена вторая очередь предприятия.

Кроме того, активно разрабатываются биотехнологии восстановления окружающей среды и биоразнообразия. Так, например, в Институте биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН (г. Саратов) создана комплексная технология очистки почв с высокой степенью загрязнения тяжелыми нефтепродуктами. Ее использование позволило очистить за период с 1999 по 2005 год почву на месте бывших нефтешламовых амбаров Саратовского нефтеперерабатывающего завода.

Еще одним перспективным направлением исследований является создание штаммов-продуцентов различных химических соединений (аминокислот, ферментов, витаминов, стероидов и др.) и микробных препаратов для очистки водоемов, почвы или переработки твердых отходов. Так, созданные в Институте биохимии им. А.Н. Баха РАН установки «Биореактор», в которых иммобилизованные клетки микроорганизмов работают как катализаторы, разрушающие ксенобиотики органической природы, успешно работают в России и Великобритании.

5. БИОНАНОТЕХНОЛОГИИ

По мнению одного из пионеров нанотехнологий, вице-президента американского Института прогнозных исследований Ральфа Меркле, нанотехнологии произведут такую же революцию в манипулировании материей, какую произвели компьютеры в манипулировании информацией.

Актуальность и перспективность разрабатываемых нанотехнологий и наноматериалов в медицине позволяют создавать новые, высокопроизводительные, высокочувствительные и сверхдешевые системы для ранней диагностики и лечения различных заболеваний, новые системы транспорта лекарственных препаратов и лекарства нового поколения на основе наночастиц. Использование нанотехнологий в медицине позволит создавать также новые специфические системы на молекулярном уровне и биочипы для индикации повреждающих факторов окружающей среды, оценки качества и безопасности продуктов для человека, контроля клинического состояния пациента.

Наномедицина наряду с клеточными технологиями составит основу медицины будущего и откроет врачам новый мир, так как оперирует объектами размером в миллионную долю миллиметра – наночастицами. Наномедицина занимается лечебным воздействием на уровне молекул и молекулярных комплексов, ответственных за структуру клеток, их сигнальную систему и развитие. Уже разработаны методы воздействия на структуры нанометрического уровня, созданы высокоскоростные измерительные приборы для определения динамического состояния клеточных структур, которые позволяют также охарактеризовать молекулярные механизмы.

Нанотехнологии, по определению, должны относиться к клеточным технологиям, но они обладают специфическими особенностями. Их задача – целенаправленное воздействие на биологические системы клеток с помощью производных систем (молекул, микрочипов, нанороботов и т.п.), чтобы восстановить нарушенные функции. В настоящее время особое внимание уделяется взаимодействию протеинов, целенаправленному взаимодействию с ДНК, а также введению лекарственных средств в конкретные клетки и даже в органеллы. Не менее важно понять характер взаимодействия биомолекул и неорганических наноструктур в пограничных областях, что необходимо для инновационных медицинских имплантационных технологий в дерматологии, ортопедии, восстановительной хирургии.



Заключение

Биотехнология, с ее мощной научной базой, подготовленной на рубеже XX и XXI веков, с ее огромным потенциалом в здравоохранении, фармацевтике и агробиологии, становится ключевым элементом стратегии устойчивого развития мирового сообщества, определяющим фактором макроэкономического регулирования, одним из мощных рычагов подъема экономики, как в национальных, так и в мировых масштабах.

Развитие экономики, использующей весь спектр знаний и технологий, освоенных поколениями, и служащей современному обществу, – это тот необходимый механизм, который позволит России выполнить задачи, насущные для нее сегодня и завтра. Они сформулированы в последнем Послании Президента Российской Федерации Д.А. Медведева и его выступлении на Государственном совете в феврале 2008 года. Это – возврат к лидерству в технологиях, это – внимание к обыкновенному человеку, жителю России, продление его жизни и улучшение ее качества.

Россия располагает реальными возможностями, чтобы не только включиться в глобальную биотехнологическую гонку, но и стремительно продвинуться по основным направлениям прорыва. Однако для реализации этих возможностей необходимо срочно предпринять ряд законодательных и организационно-финансовых действий.

Основной проблемой в России является значительный разрыв между академическими разработками и их индустриальной реализацией. Венчурные фонды, которые должны были заполнить эту брешь, находятся еще в стадии становления и не готовы брать на себя риски, сопровождающие даже начальные этапы разработки лекарств или промышленной продукции. Для решения этой проблемы в сфере создания новых лекарственных средств Минпромторг России в Стратегии развития российской фарминдустрии на период до 2020 года предложил государству финансировать разработки новых оригинальных лекарств за счет системы грантов и специализированных финансовых инструментов до I или II фазы клинических испытаний, а последующие этапы проводить уже за счет внебюджетных средств. По расчетам экспертов Минпромторга, уже к 2017 году государственные средства на прикладные исследования могут быть замещены внебюджетными, а за государством останется традиционная роль финансирования фундаментальных исследований. Этот механизм способен эффективно работать и в других отраслях с большим рыночным потенциалом.

Однако и сами академические разработки должны изначально вестись с перспективой их прикладного применения. Очень хороший пример показал МГУ им. М.В. Ломоносова. Его ученые, делая науку самой высокой пробы, вместе с тем прекрасно разобрались в том, с какими проблемами западные компании сталкиваются сейчас при разработке биотехнологий, и предложили некоторые научные решения этих проблем. Ученые сумели увидеть, каких именно технологических решений требует рынок, предложили эти решения и закрепили за собой достигнутые результаты и русским и европейским патентами. Как часто, получая интересные результаты многолетних исследований, мы не спрашиваем себя, а нужно ли кому-то то, что мы предлагаем. И хуже того, иногда патентуем то, на что нет спроса.

Важнейшими стратегическими задачами на сегодняшний день являются преодоление демографического кризиса в нашей стране и обеспечение устойчивых темпов ее развития на основе построения диверсифицированной экономики, основанной на знаниях. Биотехнология как интегральная отрасль может стать базой для еще более успешного выполнения приоритетных национальных проектов. Роль Российской академии наук состоит в том, чтобы обеспечивать в сотрудничестве с другими государственными академиями наук создание фундаментальных основ приоритетных наукоемких технологий, направленных на решение этих стратегических задач, и их научное сопровождение, и такая работа активно нами проводится.

Все сказанное выше – лишь часть наиболее значимых примеров, демонстрирующих необозримый спектр перспектив в различных направлениях биологии. Необходимо сделать так, чтобы эти перспективы стали реальностью на благо нашей страны. И мы не сомневаемся в том, что *будущее России будет прирастать биологией!*