

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ БИМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

ВИЦЕ-ПРЕЗИДЕНТ
РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК
Анатолий Иванович
Григорьев



ПОМОЩНИК
ВИЦЕ-ПРЕЗИДЕНТА
РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК
Юрий Владимирович
Суханов



Сегодня во всем мире биотехнологии являются одной из главных движущих сил научно-технического прогресса и развиваются наиболее быстрыми темпами. Это обусловлено тем, что их достижения дают человечеству надежду на решение многих проблем: продовольственной, энергетической, медицинской и фармакологической, экологической и т.д. Человечество вошло в третье тысячелетие с громадными знаниями в области наук о жизни и колоссальным потенциалом их практического использования. Путем манипулирования молекулами ДНК и РНК современный человек может направленно изменять наследственность окружающего его живого мира (бактерий, растений, животных, человека). Это открывает беспрецедентные возможности для

технологического прогресса (биотехнология и биоинженерия) и революционных прорывов в медицине (генная терапия) и сельском хозяйстве (трансгенные, или генетически модифицированные, растения и животные).

Однако вместе с увеличением возможностей современной биологии и биомедицины в решении насущных проблем человечества возрастает и потенциальная опасность умышленного или неумышленного нанесения вреда человеку и природе при бесконтрольном и неосторожном использовании новых технологий. В связи с этим биобезопасность становится одной из главных проблем человечества в XXI веке, и ее акценты перемещаются из сферы, связанной с инфекциями, в область повседневной жизни человека, использования новых продуктов питания и лекарств.

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ

Приоритетными направлениями развития общей биологии в нашей стране, напрямую связанными с ее биологической безопасностью, в настоящее время являются исследования биоразнообразия (систематизация и детальное изучение биоресурсов России), биологии развития, экологии организмов и сообществ, общей генетики и почвоведения.

Сокращение резервуара генетического материала диких растений и животных вследствие уменьшения биоразнообразия, вымирания видов из-за разрушения среды их обитания или вытеснения культурными видами приобретает сегодня критический характер. Сохранение биологического разнообразия, биологических ресурсов является необходимым условием устойчивого развития страны. Без этого невозможно поддерживать приемлемое для населения качество окружающей среды, сохранять здоровье людей, обеспечивать развитие важнейших отраслей экономики: производства пищевых продуктов, охраны здоровья, многих отраслей промышленности. Ан-

тропогенные воздействия на биосферу уже вызвали глобальные негативные изменения среды, истощение биологических ресурсов, исчезновение тысяч видов растений и животных, необратимую деградацию многих экосистем. Проводимые исследования позволяют выявить важные закономерности функционирования и формирования биоразнообразия природных экосистем, видов и популяций и его значение для поддержания стабильности окружающей среды. С этой целью продолжается процесс инвентаризации биологического разнообразия России на экосистемном, видовом и популяционно-генетическом уровнях. Полученные данные будут применены для оптимизации организационных и финансово-экономических механизмов возобновляемого использования биологических ресурсов России. Высока значимость исследований для характеристики динамики генофондов, учета, хранения и использования геноресурсов.

Существенно изменение экосистем из-за агрессивного распространения интродуцированных видов. Например, канадский бобер, популяция которого резко растет в малых реках европейской части России, способствует заболачиванию лугов; борщевик Сосновского, сок которого вызывает тяжелые дерматиты при контакте, при отсутствии контроля самосевом захватывает всё большие и большие территории. Многолетние наблюдения показывают, что это растение ежегодно занимает 10% новых территорий. Захватывая территорию, борщевик вытесняет другую растительность, нарушает нормальное функционирование местных экологических систем и создает вокруг себя экосистему, чуждую природе данной местности. Стремительное распространение этого сорняка нарушило экологическое равновесие и стало серьезной проблемой во многих европейских странах. В Германии, Чехии, странах Скандинавии и Прибалтики действуют правительственные и общественные программы борьбы с борщевиком. Проблеме агрессивных интродуцированных видов следует уделять больше внимания, пока они еще поддаются контролю.

Потенциально опасны для дикой природы как неконтролируемое распространение новых рекомбинантных генов (ранее отсутствовавших в природе), так и прогрессирующее распространение трансгенных, или генно-модифицированных, организмов (организмов с чужеродными генами), используемых в микробиологической промышленности, а также в качестве сельскохозяйственных культур и пород. Технологии манипулирования генами существенно расширили понятие биобезопасности. Теперь оно охватывает не только влияние потребления продукта на здоровье человека, но и комплексное влияние такого объекта на природу. Массовое распространение ГМО, вытеснение ими прежних сортов культурных растений может привести к катастрофическому сокращению численности насекомых-опылителей (как это происходит в США, почти полностью перешедших на ГМО в сельском хозяйстве). Вопрос о безопасности ГМО нужно ставить шире, чем вопрос об их безопасности в санитарно-гигиеническом плане. Генно-модифицированные организмы могут нести не только гены повышенной продуктивности, но и чужеродные

гены других видов, обеспечивающие выработку токсинов для защиты от болезней и вредителей. Такие токсины могут быть небезопасны для экосистем, и их влияние должно внимательно изучаться.

В ходе научных исследований, связанных с генетикой, манипуляций с геномом человека намеренно или случайно появляется возможность создания конструкций, воздействующих на ДНК, необратимо блокирующих синтез важных белков либо вызывающих синтез аутоксичных соединений, а также создания агентов или организмов, внедряющих их в генетические структуры. Для предотвращения таких угроз необходимы как контроль на государственном и межгосударственном уровне, так и самоконтроль на уровне научного сообщества, своевременное выявление потенциальных угроз и предотвращение попадания потенциально опасных разработок в руки экстремистских организаций. Важным фактором обеспечения такого самоконтроля является открытость общения ученых разных стран, недопущение изоляции национальной науки и ее идеологизации.

К заметному сокращению резервуара генетического материала диких растений и животных приводит неочевидный, но нарастающий негативный «дрейф» природных популяций из-за комплексного воздействия стрессующих факторов.

При проведении исследований нередко сложно выделить какой-либо один повреждающий экосистемы фактор, особенно при комплексном воздействии нескольких факторов и медленном накоплении эффекта одного из них. Для оценки качества среды обитания человека в роли узловой характеристики состояния природных популяций при стрессующем воздействии естественных и антропогенных факторов может выступить универсальная методика оценки стабильности развития живых организмов.

Непрогнозируемые биоповреждающие процессы наносят нарастающий урон объектам транспорта, промышленности, коммуникаций, другим искусственным сооружениям инфраструктуры и чреваты техногенными катастрофами. При всей чувствительности к повреждающим факторам живые организмы способны и сами являться повреждающим экологическим фактором. Практически любой материал может быть разрушен животными, растениями или микроорганизмами. Учеными выявлены основные феномены возникновения и развития биоповреждающих процессов. Необходимо и далее изучать системные закономерности формирования и функционирования сообществ организмов, вызывающих повреждение и биокоррозию материалов, изделий и сооружений в различных средах, для разработки эффективных и безопасных средств защиты и технологий их применения.

Громадный ущерб биоразнообразию, экологической обстановке и природной среде наносит невозобновляемое уничтожение лесов, их деградация и снижение продуктивности. В связи с особой уязвимостью лесов необходимо шире применять их аэрокосмический мониторинг и геоинформационную систему мониторинга лесных пожаров, что позволит улучшить оперативное выполнение лесоохранных мероприятий. Разработаны эколого-лесо-



водственные основы и методы лесомелиорации на заболоченных территориях и в аридных степных полупустынных районах. Особое внимание необходимо обращать на проблему потери почвенного плодородия, применять разработанные принципы зональной агрономии и мелиорации почв, использовать органические и минеральные удобрения с учетом почвенно-географического и природно-сельскохозяйственного районирования.

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОБЕЗОПАСНОСТЬ

Задача физиологии состоит в раскрытии природы регуляций физиологических функций организма, обеспечивающих приспособление к окружающей его среде, выявлении различия работы системы регуляции в организме здорового человека и при развитии патологического процесса. В последние десятилетия благодаря пониманию механизмов работы каждой из физиологических систем и клеток различных органов появилась возможность влиять на механизмы управления функциями организма с привлечением комплекса современных методов исследования, включая физиологические и биохимические методы, методы молекулярной биологии и биоорганической химии. В результате взаимодействия фундаментальных наук созданы новые технологии оценки функционального состояния, в том числе дистанционно, и повышения адаптивных возможностей человека в производственных и экстремальных условиях (медицина труда, авиационная и космическая медицина, медицина катастроф, реаниматология, спортивная медицина). Такие знания и технологии служат основой создания новых методов функциональной диагностики, медицинского мониторинга, коррекции патологических состояний, профессионального отбора, научного обоснования адекватности специальных учебных программ.

К причинам таких регуляций относятся нарушения функционального состояния операторов, связанные с управлением опасными процессами (авиадиспетчеров, операторов атомных объектов, систем вооружений и т.д.). Недостаточная физиологическая и психологическая подготовленность человека работать во все расширяющихся сферах производственной среды с экстремальными условиями способна нанести стране громадный материальный и моральный ущерб. Техногенные катастрофы, например на Чернобыльской АЭС, аварии, например на Саяно-Шушенской ГЭС, со всей очевидностью показали необходимость совершенствовать методы оперативного контроля психофизиологического состояния операторов, принимать срочные меры по устранению возможных негативных последствий его нарушения. Российскими физиологами накоплен большой опыт комплексного удаленного мониторинга психофизиологических функций организма человека в экстремальных условиях при операторской деятельности, в том числе в условиях космического полета. Этот опыт успешно трансформируется в разработку средств и методов повышения психофизиологической устойчивости операторов, их работоспособности.

В связи с необходимостью освоения океанического шельфа, Мирового океана, арктической зоны представляют значительный интерес комплексные исследования физиологических механизмов жизни и трудовой деятельности человека в различных условиях среды, создание эффективных методов профессионального отбора. В комплексных исследованиях российских ученых найдено решение фундаментальных и прикладных проблем жизнедеятельности человека и других организмов в экстремальных условиях, в том числе в космическом полете и при глубоководных погружениях. Разработаны эффективные системы жизнеобеспечения для экстремальных условий. Ведутся работы по обеспечению возобновляемости ресурсов на основе биологических средств жизнеобеспечения в ходе организации перспективных межпланетных экспедиций.

Исследование механизмов и особенностей адаптации организма человека к различным экстремальным условиям позволило разработать концепцию медицины здорового человека, критерии оценки функциональных резервов систем организма и степени напряжения регуляторных систем при физических и психоэмоциональных нагрузках, развить представление о физиологической норме, донозологических формах заболеваний, преморбидных состояниях. Для обеспечения национальной безопасности России, связанной с демографическими проблемами, сохранением здоровья и увеличением продолжительности жизни людей, физиологические исследования приобретают ключевое значение. Новые методы и аппаратура позволяют осуществлять скрининг больших групп населения и на этой основе обеспечивать адекватную профилактику.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ

Физико-химическая биология – это комплекс взаимосвязанных наук, исследующих механизмы существования живых организмов на молекулярном уровне и разрабатывающих на основе получаемых фундаментальных знаний новые технологии для улучшения качества жизни человечества (новые медицинские средства, вакцины, интенсивные сельскохозяйственные технологии, в том числе трансгенные растения и животные с улучшенными свойствами). Ее результатом также являются диагностические средства нового поколения, функционально переходящие от диагностики болезни к диагностике предрасположенности к болезни. Кроме того, в новых экологически чистых биотехнологических производствах используются ферментативные процессы вместо химических.

Появились технологические возможности направленно воздействовать на генетический аппарат клетки или целого организма, вызывая его наследственное изменение. Физико-химическая биология разрабатывает методы противодействия следующим существенным угрозам безопасности:

1. *Скрытое, неконтролируемое появление и распространение патогенов и опасных инфекций. Уси-*



ление угроз в этом направлении связано как с биологическими, экологическими, так и с политико-экономическими проблемами. Необходима разработка систем детекции биологических угроз и адекватных экспресс-методов диагностирования инфекционных и других заболеваний человека. Комплекс этих вопросов всегда находился под пристальным вниманием науки и государственных органов власти.

2. *Нарастание устойчивости инфекционных агентов, в частности, к бактерицидным и бактериостатическим препаратам.* Устойчивость инфекционных агентов к антибиотикам является как глобальной угрозой человечеству в сфере медицины, так и одной из проблем биологии и экологии Земли. Неконтролируемое и нерациональное использование антибиотиков в медицине, сельском хозяйстве не только вызвало антибиотикорезистентность патогенов при лечении инфекционных заболеваний у человека, но и имеет биологические последствия для дикой природы, микробиологии, экологии биосистем. Эти последствия в большинстве своем не изучены и не оценены, но потенциально чрезвычайно опасны. Кроме разработки новых препаратов, в том числе основанных не на антибиотиках, и вакцинопрофилактики, необходимо тщательно и полноценно осуществлять мониторинг окружающей среды, употребления антибиотиков, принимать меры по сокращению их применения в медицине и прекращению использования в других сферах деятельности.

Необходимы новые принципы создания лекарств для борьбы с инфекциями, в том числе на основе нанотехнологий. Особые надежды возлагаются на генно-инженерные разработки, прежде всего на препараты для защиты от инфекционных болезней и патогенов. Успехи генетики и молекулярной биологии позволили приблизиться к решению проблемы защиты от патогенов с помощью генно-инженерных вакцин.

3. *Недостаточное обеспечение населения жизненно важными лекарственными препаратами.* Этот фактор становится особо опасным при ограничении свободы рынка. Высокий уровень межгосударственного сотрудничества, мировая интеграция фармацевтической индустрии, политика глобализации – всё это привело ко всё расширяющемуся международному разделению труда и, как следствие, к более тесной зависимости стран друг от друга. Действия, обусловленные геополитическими соображениями (например, экономические санкции, торговое эмбарго и пр.), могут отразиться и на обеспечении населения любой, даже достаточно развитой, страны лекарственными препаратами: фармацевтическая промышленность станет испытывать трудности из-за зависимости от импорта сырья, реактивов и технологического оборудования для их производства.

БИОМЕДИЦИНА И БЕЗОПАСНОСТЬ

Современное здравоохранение и медицина столкнулись с проблемами, решение которых затруднительно, а порой и невозможно без изменения устоявшихся подходов, сложившихся на протяжении десятилетий.

Таковыми проблемами и, соответственно, угрозами для безопасности являются:

- снижение эффективности здравоохранения в связи с увеличением затрат на лечение, социальное обеспечение вследствие неуклонного старения населения, ухудшение экологической и экономической ситуации;
- неоправданно широкое использование всё более дорогостоящих лекарств;
- нарастание устойчивости некоторых заболеваний к лечению, в частности увеличение числа тяжелых устойчивых форм аутоиммунных заболеваний, онкологических, паразитарных, метаболических и др.;
- рост заболеваемости населения, связанный с ухудшением качества окружающей среды и повышением ее стрессогенности.

Исчерпание потенциала классических методов и средств лечения создает экономическую и социальную потребность в более эффективных методах лечения социально значимых заболеваний – в регенеративных, трансплантационных, геномных технологиях, персонализированной медицине. Среди приоритетных направлений научных исследований наибольшее внимание уделяется фундаментальным исследованиям, посвященным геномике, протеомике, постгеномным технологиям, биотехнологиям, нанотехнологиям, которые направлены на решение проблем наиболее социально значимых заболеваний, и в первую очередь сердечно-сосудистых и онкологических. Так, разрабатываются методы терапии, коррекции индивидуального гена или группы генов, контролирующей пролиферацию или дифференцировку клеток. Это позволит, например, в онкологии отойти от стратегии уничтожения клонов злокачественных клеток и перейти к стратегии лечения клетки, исправления ее генетического аппарата. Генотерапия открывает дорогу лечению иммунодефицитных состояний, эндокринопатий, гемоглобинопатии и многих других заболеваний. После такого рода скрининга можно будет разделить популяции на группы по принципу восприимчивости и, следовательно, выработать стратегии наиболее эффективного и персонализированного лечения.

Особо следует отметить генетические межэтнические различия в восприимчивости к лекарствам, которые ставят перед медициной каждой страны задачу проанализировать восприимчивость к лекарствам в связи с особенностями гаплотипов в популяциях, живущих в этой стране.

Исследования стволовых клеток открывают перспективы замещения тканей и органов при дегенеративных заболеваниях, болезнях Альцгеймера и Паркинсона, патологии печени, сердечно-сосудистых заболеваниях, последствиях травм спинного мозга и ожогах.



Одной из основных областей применения стволовых клеток является 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.

ПРОБЛЕМЫ ФЕРТИЛЬНОСТИ И ВРОЖДЕННЫХ ДЕФЕКТОВ РАЗВИТИЯ, ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Увеличение стрессогенности окружающей среды, экологические проблемы, заболевания, социально-экономические факторы вызывают снижение рождаемости из-за женского и мужского бесплодия, с одной стороны, и повышения риска дефектов развития плода – с другой. Научные исследования позволили достичь большого прогресса в вопросах как фертильности, так и внутриутробной диагностики, однако для улучшения ситуации в обоих направлениях еще многое предстоит сделать. Говоря об идентификации генов, ответственных за возникновение заболеваний, следует отметить, что весьма успешной оказалась стратегия позиционно-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 типа, рак молочной железы, а также другие виды наследственной предрасположенности к опухолям, мышечной дистрофии Дюшенна и митохондрической дистрофии и др. Будут и дальше развиваться системы лечения, основанные на введении в организм генетической информации, призванной исправлять наследственные или приобретенные генетические дефекты (генная терапия). Такие методы требуют особо тщательной проработки их безопасности в отношении как этической чистоты, так и медицинской.

Особую опасность представляет увеличение числа некурабельных больных и эпидемий из-за катастрофического распространения устойчивости инфекционных агентов к антибиотикам. Из-за развития устойчивости к лечению и нерационального применения антибиотиков и других лекарственных средств ухудшается соотношение «польза/риск» при лечении социально значимых заболеваний.

Многолетнее использование антибиотиков могло спасти множество жизней, однако, по прогнозам специалистов, развившаяся устойчивость возбудителей вынуждает человечество привыкать жить в мире без антибиотиков. Конечно, новые антибиотики будут создаваться, однако период их эффективной «жизни» будет всё более коротким. Основными направлениями разработки средств и методов борьбы с инфекциями станут разработка новых вакцин и низкомолекулярных лекарств, тщательный мониторинг использования ан-

тибиотиков и ограничение их использования в немедицинских целях. По прогнозам, существенная часть новых лекарств в мире будет основана на протеинах или олигонуклеотидах. В результате уже проведенных работ были выделены сотни новых пептидов, установлена их структура и изучен спектр биологического действия. Актуально создание генно-модифицированных организмов для получения рекомбинантных терапевтических протеинов. Ожидается, что введение их в медицинскую практику снизит затраты здравоохранения, а сами они станут доступны 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.

Применение методов геномики, протеомики и метаболомики приведет к улучшению диагностики заболеваний, персонализации подхода к лечению, вплоть до применения персонализированных препаратов, назначаемых с учетом индивидуальной реакции организма и конкретного патологического процесса. Это создаст основу для развития персонализированной медицины – более эффективной и безопасной.

В области создания новых продуцентов лекарственных средств впечатляющим достижением можно назвать создание живых ферментеров – животных, секретирующих биологически активные вещества в молоко. Развитие технологий выращивания трансгенных животных делает процедуру создания такого ферментера достаточно рутинной. Эти технологии базируются на достижениях генетики соматических клеток, и в последнее время намечается тенденция к использованию для этих целей систем клонирования животных.

Многообещающими являются возможности медицинского использования препаратов и биоинженерных конструкций на основе стволовых клеток человека. Эксперты отмечают, что препараты стволовых клеток могут стать крупнейшим прорывом в медицине со времен изобретения антибиотиков. Вместе с тем для массового использования клеточных продуктов в медицине нужно быть уверенными в их безопасности, приемлемом соотношении «риск/польза», а такую информацию можно получить только в ходе масштабных клинических исследований.

Расширение практики секвенирования генома человека для выявления предрасположенности к заболеваниям, индивидуальных особенностей физиологии может привести, при несанкционированном доступе к такой информации, к дискриминации индивидуумов при медицинском страховании, найме на работу, поступлении в учебные заведения и т.д. Вследствие этого необходимо разработать правовые и организационные меры для обеспечения надежной защиты персональной генетической и другой биологической информации человека. Кроме того, нуждается в изучении вопрос об использовании такой информации для решения вопросов обучения, профессиональной ориентации, трудоустройства, индивидуальной ранней профилактики заболеваний, назначения персонализированного лечения.

Технологии, основанные на использовании живых клеток человека, могут быть использованы в ущерб чело-



веку-донору или без его согласия на манипуляции с ними. Любая соматическая полноценная клетка организма человека может быть использована либо для масштабного культивирования для изготовления биомедицинских продуктов, либо в репродуктивных технологиях. При этом геном клетки может быть модифицирован. Должны быть разработаны правила взятия, обработки, хранения, использования, утилизации клеточного и тканевого материала и система контроля за их соблюдением.

АГРОТЕХНОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТЬ

В условиях растущего народонаселения, деградации окружающей среды, изменения климата биологические средства борьбы с вредителями и биотехнологии в области производства продовольствия обладают потенциалом, позволяющим повысить качество и количество продовольствия и оказать благотворное воздействие на устойчивое развитие АПК благодаря использованию усовершенствованных сельскохозяйственных культур, пород скота, птицы и рыбы.

Вместе с тем следует назвать и потенциальные угрозы в этой области:

1. *Изменение экосистем из-за активного внедрения биологических средств борьбы с вредителями.* 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. Поврежденность зерна, потеря его качества и перевод из продовольственного в фуражное составили в различных регионах от 30 до 100%. Учеными-биологами России достигнуты большие успехи в разработке средств борьбы с клопом черепашкой.

Разработка биологических средств борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур – наиболее перспективное направление. Однако не следует игнорировать возможные последствия создания не полностью предсказуемых пищевых цепочек. Исследования в этом направлении должны продолжаться.

2. *Снижение продуктивности из-за возможных ограничений на использование антибиотиков и гормонов в животноводстве.* Несмотря на то что производителям продукции животноводства экономически (то есть жизненно) необходимо использовать стимуляторы роста в крупнотоварном производстве доступных продуктов, возможно, последствия их потребления для здоро-

вья человека могут быть признаны негативными и развитые страны откажутся от таких продуктов. В мире нарастает тенденция к использованию экологически чистых продуктов, которые, конечно, дороже «интенсифицированных» и генетически модифицированных. Поэтому должны продолжаться исследования по разработке эффективных, но безопасных средств повышения продуктивности производства продовольствия.

3. *Возможные комплексные негативные последствия массового внедрения в экосистемы генно-модифицированных организмов.* 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. В США выращивается более половины ГМ-культур, остальные произрастают в Аргентине, Канаде и Китае. Кроме несомненной экономической выгоды, экологическим эффектом от выращивания ГМ-культур является существенное сокращение объемов применения пестицидов и инсектицидов. Другой плюс манипулирования геномом – создание организмов с улучшенными свойствами, например трансгенных растений, устойчивых к засухам или засолению почв, или животных, устойчивых к инфекциям.

Однако полного представления о возможном влиянии распространения ГМО на экологию и дикую природу до сих пор нет. Внедрение одного организма неизбежно влияет на другие, выполняющие различные роли в экосистеме. Если происходит внедрение нескольких организмов в одну экосистему, взаимодействия в ней становятся более сложными и их последствия – всё менее предсказуемыми. Необходимо продолжать исследования по анализу таких взаимодействий и их последствий как на клеточно-молекулярном, так и на экосферном уровне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Россия располагает реальными возможностями, чтобы не отстать в создании, развитии и использовании современных технологий. Основную преграду для их использования в нашей стране создаст неинновационный уклад экономики, признаком чего является разрыв между результатами фундаментальных и прикладных исследований и возможностью их индустриального освоения. Важнейшая стратегическая задача на сегодняшний день – обеспечение устойчивых темпов развития экономики, основанной на знаниях и технологиях. Достижения наук о жизни и основанные на них биотехнологии могут стать базой для приоритетных национальных проектов по развитию передовых технологий. Однако для реализации имеющихся возможностей необходимо предпринять ряд законодательных и организационных действий.