

МОГУЩЕСТВО РОССИИ ПРИРАСТЕТ БИОЛОГИЕЙ



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

Анатолий Иванович Григорьев

Сегодня технологии живых систем, или биотехнологии, являются одним из приоритетных направлений научно-технического прогресса, и будут определять развитие человечества в XXI веке во всех сферах. И это не случайно. Расходы, связанные со здоровьем человека, составляют 5–15% от ВВП с тенденцией к увеличению до 20–25%. Мировой рынок только фармацевтической и медицинской продукции составляет 700 млрд. долларов, а с учетом рынков биотехнологий и агробiotехнологий суммарные значения приближаются к 2 трлн. долларов. В экономически развитых странах в настоящее время отмечается концентрация поисковых и ориентированных научных исследований именно в области живых систем. Только на скрининг новых лекарственных средств и изучение генома человека за последние 2 года было потрачено 20 млрд. долларов.

Достижения биологических наук конца XX – начала XXI века стали соизмеримы по масштабам и значению для человечества с научно-технической революцией в ядерной физике и электронике середины 1950-х годов. Биологическая революция была подготовлена успехами фундаментальной науки и глубоким познанием механизмов жизнедеятельности клеток и организмов. Она состоялась благодаря развитию молекулярной биологии, методов геной инженерии, геномики, протеомики, системной биологии и нанобиотехнологий и подтверждена такими достижениями науки, как расшифровка генома человека и других видов, беспрецедентная реализация технологии клонирования животных, создание новых более продуктивных и устойчивых сортов сельскохозяйственных растений с использованием генно-инженерных технологий и создание мишень-направленных лекарств.

В результате биология стала качественно новой наукой, открытия которой обеспечили прорыв естествознания на новый уровень понимания механизмов основных процессов, определяющих существование всех форм живой материи, и возможности для управления этими

процессами. Сегодня мы имеем детальное представление о том, как устроена клетка и процессы ее деления, как работает генетический аппарат клетки, какие белки взаимодействуют друг с другом, о множестве комплексных структур, управляющих процессами передачи сигналов извне внутрь клетки, и многом другом. Однако все эти структуры пока представляют собой для ученого неподвижные макеты клетки, как бы ее моментальные снимки. XXI век выдвигает другие задачи – понять, как все эти компоненты взаимодействуют во времени, образуя сложные динамические биологические системы, какие структуры образуются и исчезают на разных стадиях жизненного цикла клетки, как они передвигаются внутри нее и что с ними происходит при получении разного рода сигналов извне или изнутри.

В настоящее время сформировалось четыре приоритетных направления развития исследований, направленных на расшифровку функциональных свойств живых систем на клеточном уровне. Эти подходы уже позволяют получать действительно впечатляющие достижения.

Первое направление – интенсификация классических методов анализа функций и перенос этих методов на полногеномный уровень. Классическим примером подходов такого рода является использование различного рода микрочипов при анализе содержания различных форм ДНК и РНК в клетке. Или массивированный параллельный анализ компонентов клетки на транскрипционном или белковом уровне (технология *in vitro* – в пробирке).

Второе направление связано с созданием компьютерных моделей живых клеток, с помощью которых можно было бы интегрировать все имеющиеся знания и продемонстрировать, как все элементы клетки работают во взаимодействии друг с другом. Это логическое продолжение полногеномных стратегий исследования живых систем.

Третье направление – это экспериментальное исследование, направленное на получение минимальной клетки. Этот подход, в частности, намерена осуществить знаменитая фирма TIGR, которая уже прославилась установлением структуры множества геномов. Ее проект состоит из двух частей. Во-первых, взять небольшую по числу генов бактерию (*Mycoplasma genitalium*) и путем мутаций систематически уничтожать ген за геном с тем, чтобы определить минимум, который будет достаточным для ее жизнедеятельности. Этот подход показал, что только 265–350 из 480 генов бактерии, кодирующих белок, являются значимыми для жизни клетки в лабораторных условиях. Известны бактерии, имеющие всего 182 кодирующих белка генов. Во-вторых, исследователи TIGR думают о создании полностью искусственной клетки, беря за основу минимальный набор компонентов, выведенный описанным выше путем.

Наконец, четвертое направление – исследование внутриклеточных процессов непосредственно в клетке без ее разрушения, с помощью внутриклеточных меток. Понимание этой проблемы стремительно растет и усилия в этом направлении предпринимаются очень серьезные. Увидеть клетку изнутри в динамике, так сказать, получить ее четырехмерное изображение (4D image, в трехмерном пространстве и во времени) можно при помощи интенсивно развивающихся в последние годы технологий *in vivo imaging*. Наблюдение за поведением отдельных молекул и их комплексов внутри клеток открывает путь к качественному и количественному анализу событий внутри клетки, которые отражают пространственно-временные параметры процессов. Одним из таких подходов является использование генно-инженерных флюоресцентных белков. Он успешно развивается в лаборатории члена-корреспондента РАН С. А. Лукьянова.

Этот перечень был бы неполным без упоминания о той чрезвычайно важной роли, которую играют компьютерные методы хранения и анализа информации, быстро возрастающей в процессе развития молекулярной генетики и геномики. Созданные и расширяющиеся базы данных позволяют осуществлять быстрый сравнительный анализ появляющихся данных и существенно облегчают функциональные выводы.

Есть убеждение, что совокупность подходов в конечном счете даст гармонизированную и полную картину функционирования живых систем на клеточном и системном уровнях. Эта картина может составить главный результат биологических исследований в XXI веке. Биология становится новой синтетической наукой. Она интегрирует громадный конгломерат знаний и методов, полученных в самых различных отраслях естествознания. Поэтому широкое



распространение получил термин «системная биология», подчеркивающий интегративный характер современных медико-биологических исследований.

Изучению медико-биологических проблем в РАН традиционно уделяется большое внимание. Но начиная с нынешнего года организация этих исследований вышла на новый уровень. В феврале 2008 года на заседании Правительства РФ была утверждена Программа фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2008–2012 годы. В России шесть государственных академий, в том числе – РАН, Российская академия медицинских наук (РАМН) и Российская академия сельскохозяйственных наук. Контакты между этими академиями были всегда, теперь они будут еще более прочными, поскольку программы исследований объединяются при координирующей и интегрирующей функции РАН.

Общая биология

Приоритетными направлениями развития общей биологии в настоящее время являются исследования биоразнообразия (систематизация и детальное изучение биоресурсов России), палеонтологии и эволюционной биологии, биологии развития, экологии организмов и сообществ, общей генетики, почвоведения.

Внимание к проблеме биологического разнообразия обусловлено важностью живых организмов как биологических ресурсов для человека. Более 80% организмов, используемых в современных биотехнологических процессах (в частности для производства лекарств), – это изначально дикие организмы, информация о которых получена в результате исследований биоразнообразия.

Биологическое разнообразие является необходимым условием устойчивого и прогрессивного развития страны. Без его сохранения невозможно поддерживать приемлемое для населения качество окружающей среды, сохранять здоровье людей, обеспечивать стабильность экономики. Нужно уметь сохранять свои биологические ресурсы, а также документировать и обосновывать права государства на их использование, которые в мировой экономике ценятся часто дороже нефти и золота. Это тем более важно, что чрезмерные антропогенные воздействия на биосферу уже вызвали глобальные изменения среды, истощение биологических ресурсов, исчезновение тысяч видов растений и животных, деградацию многих экосистем. Исследования, проводимые в рамках программы «Биоразнообразие и динамика генофондов», позволили выявить важные закономерности функционирования и формирования биоразнообразия природных экосистем, видов и популяций и его значение для поддержания стабильности окружающей среды. Вскрыты важные закономерности эволюции биоразнообразия в древности, являющиеся основой для понимания его настоящих изменений (в частности в связи с климатом) и прогнозирования их последствий; разработаны методики сохранения и восстановления естественного биологического разнообразия. Завершен ряд крупных этапов в процессе инвентаризации биологического разнообразия России на экосистемном, видовом и популяционно-генетическом уровнях. Созданы соответствующие геоинформационные системы и базы данных; сформулированы теоретические основы сохранения и рационального использования популяционных генофондов и проведен широкий геногеографический анализ популяций различных видов животных, растений, человека, приведший к пониманию закономерностей динамики генофондов при антропогенных воздействиях.

Разработаны генетические основы управления биоресурсами сельскохозяйственных животных и растений. Осуществлен цикл исследований хромосом злаков: идентифицированы все индивидуальные хромосомы пшеницы, ржи, ячменя и ряда других, в том числе дикорастущих, видов злаков, разработаны единая генетическая классификация их хромосом и подходы к «хромосомной паспортизации» растений.

Как результат 30-летних фундаментальных работ по исследованию генетического полиморфизма, генетическому контролю и электрофорезу запасных белков семян создан не имеющий мировых аналогов комплекс приборов для автоматизированного анализа генетического разнообразия, сор-



товой принадлежности и чистоты семян сельскохозяйственных культур. Согласно оценкам экспертов, только некондиционных семян пшеницы в РФ закупается на сумму 12 млрд. рублей ежегодно. Потребности РФ в количестве таких анализов только по пшенице составляют 120 000 в год.

В работах ряда институтов ОБН раскрыты закономерности проявления наследственной биохимической изменчивости в процессах эволюции и индивидуального развития. Разработана система получения трансгенных растений картофеля, обеспечивающих наработку белков шелка паутины – нового биоматериала с уникальными свойствами для создания шовных нитей, искусственных связок и сухожилий в хирургии и микрохирургии, а также парашютного корда, бронежилетов. Сотрудники институтов РАН приняли активное участие в разработке основных стратегических документов РФ в этой области: экологической доктрины РФ; национальной стратегии и плана действий по сохранению биоразнообразия России; стратегии сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов; Федеральной и региональной Красных книг РФ.

Полученные данные позволили уточнить принципы управления биоразнообразием и оптимизации организационных и финансово-экономических механизмов неистощительного использования биологических ресурсов России.

Впервые обобщены результаты многолетних исследований обрастаний судов, гидротехнических сооружений, нефтедобывающих платформ, систем охлаждения промышленных предприятий в северо-западной части Тихого океана. Получены данные по составу, количественному распределению и особенностям формирования сообществ обрастания и предложены подходы к снижению экономического ущерба от обрастаний.

Разработана методика оценки качества среды обитания человека по стабильности развития живых организмов. Стабильность развития организмов (то есть формирование типичных признаков в нормальных условиях среды) определена в качестве узловой характеристики состояния природных популяций при стрессирующем воздействии естественных и антропогенных факторов. Для характеристики стабильности развития предложено использовать показатели асимметрии (ненаправленных отклонений билатеральной симметрии). Методика апробирована на различных видах растений и животных, в различных регионах и по отношению к различным воздействиям (химическое и радиационное загрязнение, комплексное антропогенное воздействие). Методика утверждена Министерством природных ресурсов Российской Федерации и рекомендована для использования территориальными органами МПР России.

Важное значение имеют исследования в области экологии биоповреждений. Практически любой материал может быть разрушен животными, растениями или микроорганизмами. Решение проблемы защиты от разрушения возможно только при совместных усилиях специалистов разных профилей, в том числе и биологов. Выявлены основные феномены возникновения и развития биоповреждающих процессов. Изучены системные закономерности формирования и функционирования сообществ организмов, вызывающих повреждение и биокоррозию материалов, изделий и сооружений в различных средах, разработаны эффективные и безопасные средства защиты и технологии их применения.

Одним из важнейших биологических ресурсов России являются леса. В процессе их изучения наземные исследования сочетаются с космическими наблюдениями. Разработаны теоретические основы и структура аэрокосмического мониторинга лесов, сформированы картографические и фактологические базы данных, сделаны расчеты первичной продукции основных лесообразующих пород для разных регионов. Предложена и введена в эксплуатацию геоинформационная система мониторинга лесных пожаров, позволившая улучшить оперативное выполнение лесоохранных мероприятий. Разработаны эколого-лесоводственные основы и методы лесомелиорации на заболоченных территориях и в аридных степных полупустынных районах. Рядом институтов ОБН успешно ведутся исследования процессов взаимовлияния современных глобальных изменений климата нашей планеты и состояния лесов. Получены результаты мирового уровня по динамике популяций промысловых видов, особенностям функционирования (включая энергомассообмен с атмосферой) и восстановления лесных экосистем и структуре и продукции наземных и водных экосистем в этих условиях. Полученные данные,



например по оценке баланса углерода в лесах Русской равнины, обеспечивают проведение международной деятельности России в этой области, в частности выполнение Россией своих обязательств по Рамочной конвенции ООН об изменении климата и Киотскому протоколу.

На основе данных по миграциям птиц, имеющих в уникальном постоянно пополняемом архиве Центра кольцевания РАН, основанном еще в 1926 году, определены возможные пути переноса вируса птичьего гриппа H5N1 и других опасных заболеваний животных и человека. Мониторинг гнездовых поселений птиц на территории 15 субъектов РФ позволил выявить новые места скопления птиц, уточнить их видовой состав и экологический статус. Показано, что ведущую роль в переносе вируса гриппа А на дальние расстояния играет передача заболевания дикими мигрирующими птицами. Данные об основных пролетных путях птиц, прогнозы возможного распространения гриппа птиц в России и рекомендации по предупреждению его распространения поступают в центр «Антистихия» МЧС России.

Почвоведение со времени основополагающих работ В.В. Докучаева и его школы в 80-х годах XIX века стало фундаментальной отраслью современного естествознания. Успешно развиваются исследования генезиса почв, структуры почвенного покрова, классификации, диагностики, морфологии и географии почв, динамики почвенных процессов, роли почвенной биоты в формировании почв как среды обитания, баланса органического вещества и элементов питания растений в почвах. Особое внимание обращается на проблему потери почвенного плодородия. Активно исследуется энергетика почвообразования, разрабатываются теории управления почвенными процессами для повышения и оптимизации биологической активности и плодородия земель. Для современного почвоведения характерны исследования, с одной стороны, микромира почвы, тончайших деталей ее строения и происходящих процессов, а с другой – структуры и функций почвенной оболочки Земли как сложной глобальной системы – компонента биосферы. Исследователями разработаны теоретические основы науки о почве, установлены законы происхождения и географии почв, обоснованы принципы зональной агрономии и мелиорации почв, применения органических и минеральных удобрений с учетом почвенно-географического и природно-сельскохозяйственного районирования.

В научных организациях РАН и ряде университетов успешно ведутся комплексные исследования закономерностей и механизмов развития организмов, процессов дифференцировки тканей и органов, а также выяснение межклеточных взаимодействий, определяющих структурную и функциональную целостность клеточных ансамблей в тканях и органах, что является авангардным направлением работ во всем мире. В рамках этого направления, с одной стороны, исследуется сложнейшая организация клетки, обеспечивающая пространственно-временную синхронизацию тысяч химических реакций внутри клетки и при ее взаимодействии с внешней средой, с другой – механизмы межклеточных взаимодействий, нарушение которых приводит к патологическим изменениям (в том числе к образованию злокачественных опухолей). Большое значение – и в научном и в практическом плане – имеет работа по поддержанию культур клеток, то есть по сохранению жизнеспособной массы клеток определенного типа. Они могут быть использованы и в медицине, и как продуценты различных веществ. Для этого созданы криобанки культур клеток человека и животных.

Физиология

Особое место в биологии принадлежит исследованиям в области физиологических наук. С момента возникновения в России экспериментальной физиологии конечной целью научного поиска ученых всегда являлось познание закономерностей жизнедеятельности человека, выяснение особенностей влияния на его организм тех или иных факторов окружающей среды.

Многие лаборатории физиологических институтов ОБН заняты изучением функциональной роли молекул жизни в осуществлении разнообразных физиологических актов. В этих работах широко применяются методы молекулярной биологии и физиологической генетики,



объектами исследований стали трансгенные животные. Однако для физиолога очевидно, что даже глубокое знание деталей недостаточно для понимания механизмов работы целостных организмов. Его задача состоит в том, чтобы расшифровать молекулярные механизмы регуляции в целостном организме, раскрыть природу физиологических регуляций, обеспечивающих приспособление организма к окружающей его среде, выявить особенности работы системы регуляций в организме здорового человека и при развитии патологического процесса.

В последние десятилетия удалось лучше понять механизмы работы каждой из физиологических систем и клеток различных органов, теперь предстоит освоить механизмы управления функциями организма. И сделать это можно только с привлечением целого комплекса современных методов исследования, включая физиологические и биохимические методы, методы молекулярной биологии и биоорганической химии, которые используются современной физиологией для расшифровки природы физиологических регуляций. Успехи молекулярной физиологии позволили выявить наряду с нервной регуляцией и регуляциями, обеспечиваемыми эндокринной и иммунной системами, существование еще одного уровня влияний, связанных с секрецией аутокоидов – веществ, локально образующихся и оказывающих местное воздействие.

На стыке различных фундаментальных наук появилась принципиально новая концепция медико-биологической науки как комплекса дисциплин, изучающих проблемы здоровья человека. Созданы новые технологии по оценке функционального состояния и повышения адаптивных возможностей человека в производственных и экстремальных условиях (медицина труда, авиационная и космическая медицина, медицина катастроф, реаниматология, медицина спорта). Расширены представления о механизмах регуляции внутриклеточных процессов, межклеточного взаимодействия, работе отдельных органов физиологических систем и интегративных механизмах регуляции на уровне целого организма. А это служит основой создания новых методов функциональной диагностики, медицинского мониторинга, коррекции патологических состояний, профессионального отбора, научного обоснования адекватности общеобразовательных и специальных учебных программ.

Развивающиеся в ОБН исследования, сочетающие системный подход традиционной физиологии с современными методами исследований, позволяют выявить адекватность физико-химических молекулярных моделей для живой системы, установить способы их регуляции и особенности повреждения при разных формах патологии. В частности, создана функционирующая поэтапная система – от фундаментальных исследований к клинической медицине, проверка в этих условиях действия лекарственных средств и поиск адекватных схем лечения. Это создало предпосылки для перехода от исследований к клинической практике.

Изучение функций организма человека и животных связано с выяснением способов и механизмов их приспособления к среде обитания. В условиях ускорения социально-экономического развития нашего общества возрастает роль человеческого фактора в производстве. В связи с этим представляют значительный интерес комплексные исследования физиологических механизмов жизни и трудовой деятельности человека в различных условиях среды.

В комплексных исследованиях ряда академических институтов нашли решение фундаментальные и прикладные проблемы жизнедеятельности человека и других организмов в экстремальных условиях космического полета. Установлена роль гравитационно-зависимых механизмов в функционировании мышечной системы. Выявлены закономерности межсенсорных взаимодействий, их взаимосвязь с механизмами управления движениями, на основе которых разработана теория сенсорного обеспечения координированных движений в условиях измененной гравитации. Разработаны эффективные системы жизнеобеспечения (СЖО) для экстремальных условий. Ведутся работы по обеспечению возобновляемости ресурсов на основе биологических СЖО.

Созданная система медицинского обеспечения длительных космических полетов позволила осуществлять длительные полеты на орбитальных станциях «Салют», «Мир», Международной космической станции, в том числе рекордный по продолжительности 438-суточный полет космонавта В. В. Полякова. Она является основой для разработки принципиальных подходов к медицинскому обеспечению полета человека на Марс.



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, донологических формах заболеваний, преморбидных состояниях.

Таким образом, можно без преувеличения сказать, что физиологические исследования приобретают ключевое значение для обеспечения национальной безопасности России, связанной с демографическими проблемами, сохранением здоровья и увеличением продолжительности жизни людей. Новые методы и аппаратура позволяют осуществлять скрининг больших групп населения и на этой основе обеспечивать адекватную профилактику.

Физико-химическая биология

Среди учреждений ОБН многие институты исследуют объекты и процессы, относящиеся к молекулярному уровню. Этому направлению уделяется очень серьезное внимание.

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, разработаны новые экологически чистые биотехнологические производства, использующие ферментативные процессы вместо химических.

В последние годы в связи с интенсивным развитием новых методов исследования накоплен большой объем знаний, позволяющий начать интеграцию всей имеющейся молекулярной информации. Все большую роль начинает играть системная биология, целью которой является интеграция всей доступной информации и выявление характерных закономерностей, отличающих живые системы как целостные образования. А это привело в области методологии исследований к концептуально новым подходам:

- от исследований отдельных генов – к исследованиям целых геномов; от генетики скрещивания – к парасексуальной генетике (термин, определяющий исследования, основанные на введении генетического материала в клетку или в целый организм неполовым путем и создании условий для его передачи по наследству);
- от классической прямой генетики, двигавшейся к идентификации генов от признаков, кодируемых этими генами, к «обратной» генетике, которая сначала идентифицирует фрагмент генома, а уже затем выясняет какой признак определяет этот фрагмент;
- от работы с изолированными генами или кодируемыми ими продуктами – к изучению эффектов взаимодействия генных ансамблей на уровне целого организма.

Технически стал возможным переход:

- к направленному воздействию на генетический аппарат клетки или целого организма, приводящему к его наследственному изменению;
- к исследованиям структур отдельных молекул;
- к методам эволюции в пробирке: направленному систематическому изменению свойств взаимодействующих молекул, позволяющему достигать их максимального взаимодействия;
- от традиционных белковых ферментов к искусственным ферментам полинуклеотидной природы;
- к тотальной автоматизации и роботизации экспериментальной работы и к максимальному переносу груза анализа экспериментальных результатов на компьютер;



– к созданию интегральных информационных баз данных, позволяющих быстро сопоставлять структуры новых продуктов с уже существующими и на основании гомологий делать предварительные выводы об их возможной функциональной роли.

В основе знаний о многих явлениях и процессах лежит изучение взаимосвязи «структура – функция». Работы по расшифровке первичных структур белков, пептидов, нуклеиновых кислот и пространственных структур белков ведутся в ряде институтов ОБН. В результате этих работ было выделено более 500 новых пептидов, установлена их структура и изучен спектр биологического действия. Показано, что для разных тканей и органов млекопитающих характерен уникальный набор содержащихся в них пептидов. Изменение пептидного спектра ткани может служить диагностическим маркером протекающего в ней патологического процесса.

Стремительное накопление фундаментальной информации имеет немедленные и глубокие практические следствия для биотехнологии, медицины, сельского хозяйства, экологии и множества других отраслей. В частности разработана технология биологических микрочипов (биочипов). Она позволяет проводить множественный параллельный экспресс-анализ биологического материала. Биочипы нашли применение для быстрого выявления индивидуальной, генетической предрасположенности пациентов к определенным заболеваниям, для обнаружения и идентификации патогенных микроорганизмов, определения их устойчивости к антибиотикам.

Очень важная роль в процессе преобразования генетической информации в структуру белковых молекул принадлежит рибосомам – сложно организованным органеллам клетки. Создана технология бесклеточного синтеза белков с использованием рибосом как белоксинтезирующих «реакторов».

Изучение геномов прокариот и эукариот имеет большое значение не только в плане получения фундаментальных знаний, но и с чисто практической точки зрения. Эти исследования необходимы для развития геномной инженерии и решения многих проблем медицины. Так, например, исследования привели к открытию нового семейства генов человека, содержащего гены tag 7 и tag L. Оказалось, что белки, кодируемые этими генами, в комплексе с другими специфическими белками токсичны по отношению ко многим раковым клеткам. Это открытие позволило использовать ген tag 7 для разработки нового метода иммуногенотерапии опухолей.

Однако все достижения и технологические разработки геномной инженерии, геномной терапии и других направлений биотехнологии могут быть использованы не только для разработки новых методов и средств лечения человека, но и для создания нового биологического оружия. Этим определяется особая актуальность решения проблемы обеспечения биологической безопасности России на новом методологическом и технологическом уровне с учетом существующих и возникающих угроз.

Биологическая безопасность

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 произвольно и направленно изменять наследственность окружающего его живого мира – бактерий, растений, животных и человека. Это открывает беспрецедентные возможности для технологического прогресса (биотехнология и биоинженерия) и революционных прорывов в медицине (геномная терапия) и сельском хозяйстве (трансгенные, или генетически модифицированные растения и животные). Вместе с тем – и в связи с этим – биобезопасность становится одной из главных проблем человечества в XXI веке и ее акценты перемещаются из традиционной сферы, связанной с инфекциями и биологическим оружием, в область повседневной жизни человека, использования новых продуктов питания и лекарств.

Специалисты обращают внимание на возрастание вероятности создания биологического оружия нового поколения, его применения государствами с экстремистскими режимами и различного рода террористическими организациями. Уже сейчас существуют методы манипуляции с индивидуальными генами, позволяющие получать микроорганизмы с заданными свойствами. Попав в руки



террористов, такой микроорганизм становится мощным инструментом для использования его в террористических актах, так как против таких агентов в настоящее время отсутствует какая-либо защита или действенные лечебные меры. Помимо прочего возможность использования биологических агентов в террористических целях обусловлена и тем, что получение их сравнительно просто и дешево, а скрытное применение – эффективно, относительно легко осуществимо и вызывает панику у подвергшихся нападению. Об этом свидетельствуют события 2001 года в США, где после заражения людей сибирской язвой из продажи практически исчезли эффективные вакцины и антибиотики.

Противостоять биологическим угрозам государство может только при наличии хорошо скоординированной системы биобезопасности, опирающейся на мощную биотехнологическую базу и последние научные достижения. До последнего времени обеспечение биобезопасности, традиционно направленное на защиту населения от возбудителей опасных и особо опасных инфекций и экзопатогенов, означало совокупность действующих организованных на государственном уровне карантинных и таможенных барьеров, санитарно-эпидемиологической службы с охватом населения профилактическими мероприятиями, вакцинацией и т.д. Технологии манипулирования генами, возможность целенаправленного конструирования ГМО различного назначения существенно расширили понятие биобезопасности и ее инфраструктуры.

Новыми угрозами в этой области стали:

– Создание новых рекомбинантных генов, ранее отсутствовавших в природе, и прогрессирующее распространение трансгенных, или генно-модифицированных организмов (организмов с чужеродными генами), используемых в качестве сельскохозяйственных культур и пород, а также в микробиологической промышленности. Потенциальная опасность заключается в возможности неконтролируемого распространения новых видов и генов, нарушающих природное равновесие и живые системы. Еще более серьезную опасность представляет создание методологии для манипулирования человеческой наследственностью.

– Развитие генной терапии. Прогресс в лечении симптомов наследственных дефектов без искоренения самих дефектных генов, как это предполагается всей стратегией генной терапии, будет неизбежно приводить к накоплению вредных генов в человеческой популяции и, следовательно, к деградации генофонда в будущем. Кроме того, ряд зарубежных специалистов полагает, что человечество ожидает геронтологический кризис. Наконец, генная терапия создает высокотехнологичную методологию для разработки и применения биологического оружия нового поколения.

– Прямая, преднамеренная разработка новых видов биологического оружия, в первую очередь вирусного, токсинного и генного. Нельзя не учитывать такие особенности этого оружия, как исключительная массовость поражения при скромности финансовых затрат и производственных мощностей для его создания, возможность скрытного производства и применения, возможность как отсроченного эффекта, так и чрезвычайно быстротечного действия.

Кроме того, сохраняется угроза заноса, возникновения и распространения особо опасных инфекций (ООИ), связанная с неблагополучной эпидемиологической ситуацией в мире (по данным ВОЗ, в течение 2 последних лет зарегистрировано более 70 непредвиденных крупных вспышек инфекционных болезней), наличием стойких природных очагов ООИ на территории Российской Федерации и сопредельных государств. За последний период в Российской Федерации отмечается активизация природных очагов клещевого вирусного энцефалита, клещевого боррелиоза, геморрагической лихорадки с почечным синдромом, крымской геморрагической лихорадки, бешенства. Сохраняются стойкие природные очаги чумы, туляремии. В 2004 году по сравнению с 2003 годом в нашей стране зарегистрирован рост заболеваемости лептоспирозом в 3,4 раза, сибирской язвой в 2,7 раза, туляремией в 3 раза, геморрагической лихорадкой с почечным синдромом на 62%, бруцеллезом на 3%. Серьезную угрозу национальной безопасности Российской Федерации представляют эпидемические и эпизоотические вспышки новых и вновь возникающих инфекционных болезней (атипичная пневмония и др.), большинство которых характеризуется внезапностью возникновения, высокой смертностью, отсутствием специфических методов диагностики и лечения, а также значительным уровнем затрат на проведение противо-



эпидемических и противоэпизоотических мероприятий. Обуславливая постоянный риск инфицирования миллионов людей, указанные болезни представляют серьезную угрозу здоровью и жизни населения, причиняют значительный экономический ущерб.

В целом XX век закончился с неутешительной статистикой. Вместо ожидаемого снижения груза инфекционной заболеваемости она, напротив, возросла. Человечество взамен ликвидированной натуральной оспы получило 36 новых инфекционных заболеваний. В конце 1980-х годов в США был предложен термин «эмерджентные» (emerging), или «возникающие» инфекции, то есть инфекционные болезни, которые либо неожиданно появились в популяции человека, либо быстро расширяют свое присутствие в популяции с соответствующим возрастанием случаев заболеваний.

Основные направления фундаментальных работ РАН и РАМН по обеспечению биобезопасности:

- разработка систем детекции биологических угроз и адекватных экспресс-методов диагностики инфекционных и других заболеваний человека;
- разработка новых принципов создания лекарств, в том числе на основе нанотехнологий;
- характеристика динамики генофондов, учет, хранение и использование геноресурсов.

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. Уже разработаны и применяются генно-инженерные вакцины против вируса гепатита В, боррелиоза и вируса бешенства. Завершаются предрегистрационные исследования генно-инженерных вакцин против ВИЧ и вируса папилломы человека, в разных странах проходят клинические исследования десятки вакцин от других болезней. Они станут доступными в течение ближайших 5–10 лет.

Заключение

Многие десятилетия как прописная истина используется формулировка: «Биология – основа сельского хозяйства и медицины». В ней заложен глубокий смысл, но она конечно же не отражает в полной мере тот научный фундамент, без которого сегодня невозможно успешное развитие не только медицины и сельского хозяйства, но и многих других отраслей народного хозяйства, в которых используются технологии живых систем: добычи полезных ископаемых, получения возобновляемого сырья для пищевой, химической промышленности, энергетики (биотопливо), утилизации отходов и восстановления окружающей среды (биоремедиация).

За рубежом сейчас активно применяется термин «биоэкономика», то есть экономика, основанная на биологии и биотехнологии (bio-based economy). Помимо решения текущих задач биоэкономика предполагает переход от использования невозобновляемых ресурсов к возобновляемому сырью. Это важнейшая геополитическая задача, обусловленная истощением минеральных природных запасов, изменением климата планеты и ростом народонаселения, решение которой в рамках национальной экономики определит в XXI веке позицию государства в мировой таблице о рангах.

Может показаться парадоксальным тот факт, что, хотя ведущие страны мира (США, Великобритания, Китай и др.) уже приняли национальные программы развития биоэкономики, а Россия пока по всем формальным показателям является аутсайдером в данном вопросе, у нас имеются предпосылки для опережающего развития. Они связаны с тем, что в значительной степени сохранилась материальная база отрасли, в советские времена являвшейся одной из передовых в нашей стране, а также с тем, что на сегодня в России роль академических научных учреждений в создании биотехнологий несоизмеримо более велика, чем в других более развитых странах. Но кроме научного задела, мы имеем реальные практические результаты по разработке новых лекарств, созданию диагностической аппаратуры и многим другим приоритетным областям.