**Генно-инженерные методы как новый биотехнологический подход в аграрном секторе США**

Жиганова Л.П.

Корни биотехнологии уходят в далёкое прошлое, они связаны с хлебопечением, виноделием и другими способами приготовления пищи, освоенными человеком на протяжении многих столетий. Древнейшим биотехнологическим процессом было брожение с участием микроорганизмов. В пользу этого свидетельствует описание процесса приготовления пива, обнаруженное в 1981 г. при раскопках Вавилона на дощечке, которая датируется примерно 6-ым тысячелетием до н. э. Известно, что шумеры изготовляли до 2 десятков видов пива.

Наукой биотехнология стала только со времен Л.Пастера, и долгое время ферментация была практически единственным производственным процессом, а микробиология – её фундаментальной основой. Биохимические методы вошли в практику много позже.

ХХ век отличается бурным развитием биологических наук, в первую очередь, молекулярной биологии и генетики, опирающихся на достижения химии и физики. К концу ХХ века мы оказались перед лицом глобальной генетической революции, которая может изменить многие стороны деятельности человека, прежде всего связанные с медициной и сельским хозяйством. Эта революция была предопределена значительным накоплением знаний в области генетики, биохимии и смежных наук, а также развитием мировых технологий в различных областях деятельности человека.

Это привело к созданию и реализации международного проекта "Геном человека", а также к расшифровке генетических наборов многих растений и животных. Новые научно-технологические возможности позволили манипулировать непосредственно генами, создавать новые продукты, организмы и изменять свойства уже существующих. Таким образом повысились шансы более полного использования потенциала живых организмов в интересах хозяйственной деятельности человека.

Биотехнология уже в настоящем, а тем более в будущем внесёт основной вклад в решение глобальных проблем человечества. Правительства наиболее развитых стран уже вложили значительные средства в развитие биотехнологии. Конечно, размеры этих вкладов и эффективность их использования далеко неодинаковы. Специалисты, участвующие в развитии биотехнологии, считают, что в масштабах государства успех в этой области может быть достигнут только при участии правительственных органов. Их поддержка чрезвычайно важна для развития этой сложной междисциплинарной технологии. От появления идеи до её реализации в разных отраслях биотехнологии лежит большой путь, и лишь в немногих странах, в частности в США, действуют сегодня адекватные экономические механизмы, создающие основу для оптимального развития этой технологии, причём в значительной мере независимо от действий администрации.

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

- биоконсервация солнечной энергии;

- 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 получения принципиально новых соединений;

- применение бактериальных стимуляторов роста растений;

- создание трансгенных сельскохозяйственных растений с изменённым генотипом и приспособленных вследствие этого к созреванию в экстремальных условиях (холода, кислотности, отсутствия удобрений);

- направленный биосинтез новых биологически активных препаратов – аминокислот, ферментов, витаминов, антибиотиков, различных пищевых добавок и других продуктов;

- изменение фотосинтезирующих свойств растений.

Говоря о "новой биотехнологии" или её новых направлениях, обычно имеют в виду процессы генетической и клеточной инженерии, использование иммобилизованных биокатализаторов. Это не означает, что традиционное микробиологическое производство потеряло своё значение, оно и сегодня составляет материальную основу биопромышленности.

В 70-е годы в биотехнологию пришли новые идеи, прежде всего со стороны генной инженерии, создавшей способы целенаправленного изменения генетической программы микроорганизмов. Возможность практического использования искусственных генетических конструкций стала очевидна, и приёмы, родившиеся в лаборатории, начали мигрировать в производственные цеха. Так был получен коммерческий продукт – инсулин благодаря генетически сконструированному штамму кишечной палочки.

Вторым значительным вкладом современной биологии в биотехнологию стало культивирование клеток растений и животных. Сравнительно не так давно для промышленных целей выращивали только бактерии и грибы, а сейчас – любые клетки. В этой области дело не ограничилось простым наращиванием массы живого материала, возникла возможность управления развитием клеток, особенно у растений.

Третьим моментом, имеющим отношение к биотехнологии, является гибридизация клеток, иногда эволюционно очень далёких. Конечно, процесс слияния и сами полученные гибриды далеки от совершенства и не во всём управляемы, но, по крайней мере, в одном случае эта техника оказалась бесспорно полезной, а именно для получения моноклональных антител, имеющих большое значение в иммунологии и терапии человека.

Четвёртым пунктом развития биотехнологии явилась энзимология и клеточная биология, которые создали для промышленных условий возможности получения иммобилизованных ферментных и клеточных систем или иммобилизованных клеточных катализаторов согласно номенклатуре Европейской федерации по биотехнологии 1983 г.

Пятый пункт современной биотехнологии – создание трансгенных растений и животных с целенаправленными признаками и свойствами.

В мире США – крупнейший производитель и экспортёр биотехнологической продукции. Роль лидера обусловлена прежде всего высокими ассигнованиями государственного и частного секторов на фундаментальные и прикладные исследования, количеством занятых в НИОКР биотехнологических фирм и крупных промышленных компаний, в основе технологической мощи которых лежат собственные исследования и разработки. В финансировании фундаментальных и прикладных работ по биотехнологии основную роль осуществляет Национальный научный фонд, Министерства здравоохранения и социального обеспечения, сельского хозяйства, энергетики, химической и пищевой промышленности, обороны, НАСА, внутренних дел и др. Ассигнования выделяются по программно-целевому принципу, т. е. субсидируются и заключаются контракты на исследовательские проекты, которые выполняют внешние (по отношению к финансирующим инстанциям) организации. Это, прежде всего, университеты, научные центры, колледжи… В 90-е годы одновременно с поддержкой программ Министерства обороны, ориентированных на краткосрочную и долгосрочную перспективу, Правительство США резко увеличило финансирование наук о жизни в рамках Национального научного фонда и Национального института здоровья. Планируется к 2003 году довести бюджет Национального института здоровья до более чем 20 млрд долларов при увеличении объёма и продолжительности грантов. Основные компании, работающие в области биотехнологии: "Майкоген", "Калгене", "Эсгроу", "Сиба Сидс", "Монсанто", "Генентек", "Эмерикен Бридерс Сервис" и другие.

Бурное развитие биотехнологии позволяет строить далеко идущие планы. Только разработка методов генной инженерии, основанных на создании рекомбинантных ДНК, привела к тому "биотехнологическому буму", свидетелями которого мы являемся. Сама история этой науки – генной инженерии – яркий пример того, как сложно прогнозировать внедрение в практику достижений фундаментальных наук. Разработка технологии – результат значительных вложений в развитие молекулярной биологии за последние сорок с лишним лет. А ведь не так давно, в конце 60-х годов, многие биологи сетовали, что слишком уж много внимания уделяется этой престижной области биологии и химии, которая не даёт ничего полезного. Сегодня всем понятно, что открытия молекулярной биологии и генетики глубоко скажутся на судьбе человечества.

Основными методами генной инженерии являются молекулярное клонирование и секвенирование (определения последовательности нуклеотидов) ДНК. Эти методы тесно связаны: клонирование позволяет выделить очищенные участки ДНК, а секвенирование нуклеотидов, составляющих молекулу ДНК, предоставляют возможность анализировать и охарактеризовать эти выделенные участки.

Предварительные оценки общего количества генов в геноме ядра любой клетки растений или животных выявили, что оно колеблется от 10000 до 100000. Поэтому замечательно то, что, применяя эти методы, можно выделить один-единственный ген из тысяч в геноме и манипулировать им таким образом, чтобы добиться его экспрессии в клетке-реципиенте. В этом случае используются методы выделения, клонирования и переноса.

Первой ступенью в генно-инженерной работе является локализация целевого гена в геноме. Зачастую, исследователи работают с несколькими уже известными генами, поэтому для облегчения работы созданы библиотеки ДНК (библиотеки генов). В дальнейшем применяют специфические ферменты-рестриктазы, узнающие определённые последовательности нуклеотидов в ДНК и разрезающие цепи, причём ген можно разрезать в любом месте. Затем сшивают фрагменты с помощью специальных ферментов. Фрагменты комбинируют в любой нужной для исследователя последовательности, сшивают различные гены в один; при этом можно изобрести новый белок и синтезировать для него ген. В любой существующий ген можно ввести локальные изменения – точечные мутации, пропуски, вставки, перевёртыши. Любой ген можно размножить, используя полимеразную цепную реакцию. Различные гены можно клонировать, а также синтезировать разные варианты одного и того же гена. Все генетические изменения можно легко вносить в живой организм. Перечисленные методы называют методами первого поколения.

В последние 4-5 лет исключительно благодаря проекту "Геном человека", были развиты новые методы (так называемого второго и третьего поколений), которые включают как главный компонент автоматизацию большинства процессов. Например, секвенсовой технологией третьего поколения является на сегодняшний день – прямое чтение оснований в последовательности ДНК с использованием сканирующих туннельных микроскопов или микроскопов, работающих на уровне субатомного разрешения.

В результате проведённой работы за последние шесть лет были созданы мощнейшие международные банки данных о последовательностях нуклеотидов в ДНК разных организмов, в том числе и растений, (такие, как GenBank/EMBL/DDBJ) и о последовательностях аминокислот в белках (PIR/SwissPot). Любой специалист в мире может практически беспрепятственно войти в эти банки данных и воспользоваться для исследовательских целей собранной там информацией. Решение о доступности информации не было принято сразу, и потребовалась значительная работа как учёных, так и юристов и законодателей, чтобы воспрепятствовать первоначальному желанию многих фирм, особенно коммерческих, патентовать все получаемые последовательности генов, закрыть их для доступа и коммерциализировать эту научную область.

Благодаря генно-инженерным достижениям в медицинской промышленности наблюдается значительный прогресс. В настоящее время фармацевтическая промышленность завоевала лидирующие позиции в мире, что нашло отражение не только в объёмах промышленного производства, но и в финансовых средствах, вкладываемых в эту промышленность (по оценкам экономистов, она вошла в лидирующую группу по объёму купли-продажи акций на рынках ценных бумаг). Важной новинкой стало и то, что фармацевтические компании включили в свою сферу выведение новых сортов сельскохозяйственных растений и животных и тратят на это десятки миллиардов долларов в год, они же монополизировали выпуск химических веществ для быта, добавок к продукции строительной индустрии… Уже не десятки тысяч, а возможно, несколько сот тысяч высококвалифицированных специалистов заняты в исследовательских и промышленных секторах фарминдустрии, и именно в этих областях интерес к геномным и генно-инженерным исследованиям исключительно высок.

В 90-е годы продукты биотехнологических исследований стали появляться на коммерческом рынке. Длительный инкубационный период в развитии биотехнологии сменился взрывом инвестиций, связанным с многообещающими новыми продуктами и появлением малых биотехнологических исследовательских фирм для капитализации новых технологий. Сегодня наиболее известны ряд продуктов и процессов с использованием техники рекомбинантной ДНК, применяемых в аграрном и пищевом секторе: трансплантация эмбрионов, микробное силосование, продукты ферментации с использованием дрожжей и других культур, рекомбинантные вакцины животного и растительного происхождения, моноклональные антитела для применения в диагностике, генно-инженерный фермент в производстве кукурузного сиропа, трансгенные растения и трансгенные бактерии. Огромный класс продуктов генно-инженерного происхождения – трансгенные сельскохозяйственные культуры. Первым достижением в биотехнологии растений явилось использование бактерии кишечной палочки, продуцента плазмид (носитель нескольких генов), которые вводили в почвенный микроорганизм Agrobacterium для переноса сельскохозяйственно ценных генов в растения. Многие растения оказались чувствительными к методу генетического переноса, такие как томаты, картофель, петуния, табак, морковь, тополь, сельдерей, люцерна, салат-латук, лён, масличный рапс, сахарная свекла и спаржа. Оказалось, что злаки и другие растения класса Однодольных не столь чувствительны к генетическому переносу. Именно это и определило очерёдность использования растений в генно-инженерных работах. Первоначальный выбор растений был сосредоточен на простых культурах, геном которых к этому времени был уже картирован. Эти растительные объекты рассматривались в качестве прототипов для более высокоорганизованных культур, ещё некартированных, но важных для применения в сельском хозяйстве.

В первую очередь были идентифицированы гены, которые придавали устойчивость растениям к основным классам гербицидов. В 90-е годы ряд химических и биотехнологических компаний активно включились в процесс создания культур, устойчивых к гербицидам.

Компанией "Калгене" были получены трансгенные растения томата, тополя, табака, хлопка, сои с бактериальным геном, продукт которого придал устойчивость этих растений к гербициду "Раундап".

Другая компания – "Монсанто" получила растения картофеля, хлопка, кукурузы, сои с другим бактериальным геном, продукт которого обуславливал у этих сельскохозяйственных культур устойчивость к различным, специфичным для каждого вида растений, насекомым-вредителям. В будущем учёные-генетики надеются получить растения со своим собственным репеллентом и устойчивых ко многим видам насекомых за счёт введения мульти-токсичного гена. Этой же компанией были проведены работы по устойчивости растений к вирусам. В то время как вирусы не рассматривались в качестве основной проблемы в отношении сельскохозяйственных культур, "Монсанто" провела полевые испытания на томатах и картофеле, двух культурах, для которых проблема вирусов на сегодняшний день исключительно важна.

Почти все генетически модифицированные культуры, имеющие пищевую ценность, а их набралось уже более трёх десятков, относятся к растениям умеренного климата. Это породило критику в адрес биотехнологии как практически бесполезной для засушливых регионов Африки и Азии, которые страдают от недостатка продуктов питания. Исследователи из компании "Пайониер Хай-Бред Интернэйшинэл" (Джонстон, шт.Айова), университета Пердью (Вест Лафайет, шт.Индиана) и университета г.Лодзь (Польша) удалось трансформировать культуру сорго, основного продукта питания и производства в полузасушливых тропиках. Злаковые культуры печально известны как особо трудно трансформируемые. Генетические манипуляции с ними начались в середине 90-х годов с использованием генной пушки. Применение этой технологии позволило обойти проблему отсутствия природного вектора, такого как Agrobacterium, и проблему регенерации целого растения из протопласта. С помощью генной пушки исследователям удалось ген устойчивости к гербициду биалофосу ввести в незрелый зародыш сорго. Учёные использовали новую технологию трансформации для получения сортов сорго, которые могут произрастать на бедных почвах в присутствии агрессивных сорняков. На повестке дня также получение зерна с улучшенными пищевыми свойствами, оптимизированным аминокислотным балансом и содержанием крахмала, устойчивых к вирусным заболеваниям и плесени.

Среди зерновых культур сорго занимает пятое место в мире. В некоторых странах сорго сопоставимо по значимости с пальмовыми культурами, когда используются все части растения. Например, стебель сорго может использоваться как топливо или в качестве стройматериала. Листья – на корм скоту, а зерно, которое может быть красным или коричневым, идёт на крупы или используется как сырьё в пивоваренной промышленности. Во всём мире культурой сорго засеяно около 48 млн. га, в основном в засушливых районах Африки, Индии и Китая. Сорго, как и кукуруза, произошло от диких трав. У них много общего, например, 10 хромосом. Благодаря этому сорго может служить источником генов для кукурузы, в частности, гена устойчивости к засухе.

Возможности генной инженерии в растениеводстве:

1. Получение сои, устойчивой к засухе, с помощью проб ДНК и маркёров.

2. Получение растений, устойчивых к соли, за счёт переноса генов из растений, устойчивых к соли, в растения, чувствительные к ней. Причём, как правило, повышенная устойчивость к соли сопряжена с повышением устойчивости к высокой температуре. Это даст возможность использовать новые земли для производства культур и использованию морской воды для ирригации.

3. Получение растений, устойчивых к морозу, благодаря введению генов из рыбы мелкой камбалы из Арктических морей в качестве нового антифриза для растений. Этот метод может быть применён для клубники, картофеля, вишни, персиков, которые смогут переносить холод в период цветения.

4. Получение растений в качестве нового источника энергии. Различными биотехнологическими способами можно изменить содержание лигнина, крахмала и целлюлозы у растений, которые в будущем могут использоваться в качестве горючего.

5. Получение сельскохозяйственных растений – продуцентов фармацевтических препаратов. Развёрнуты биофармацевтические исследования, нацеленные на получение растительных вакцин для человека, действующих против СПИДа, онкологических заболеваний, диарреи. Группа исследователей шт. Техас надеется получить растительные вакцины против гепатита и холеры. Уже ведутся работы по введению гена, контролирующего продукцию гормона роста человека, в растение табак.

6. Перенос генов окраски у цветковых растений. Например, гены, контролирующие голубой цвет у петунии, могут быть перенесёны в розы, красные гвоздики или хризантемы для достижения большей декоративности.

7. Создание трансгенного хлопка, продуцирующего новый пластический полимер.

Учёные надеются также получить такие породы деревьев, которые были бы устойчивы к пожарам. Ведутся широкие исследования по улучшению пищевой ценности различных сельскохозяйственных культур, в частности, кукурузы, сои, картофеля, томатов, гороха, а именно белков, крахмала и растительных масел. Множественные переносы генов необходимы для достижения значительного изменения дизайна листовой пластинки для более эффективной фотосинтетической активности и способности к испарению воды, устойчивости к стрессам, вызванными влажностью и температурой, повышения урожайности основных агрономических культур.

Новые продукты и методы биотехнологии могут изменять устойчивость к климату или стрессам у культур, или их чувствительность к насекомым или болезням, распространённым в определённых регионах. Эти достижения могут изменить региональное преимущество для поражённых культур. Таким образом, при изменении регионального сельскохозяйственного производства меняется и локальный набор используемых культур.

Генно-инженерные работы в животноводстве имеют другую специфику. В настоящее время эта технология используется в основном для получения фармацевтических препаратов, применяя различные микроорганизмы в качестве источника целевых генов.

Бычий соматотропин, или гормон роста для крупного рогатого скота, был открыт 50 лет назад, но получение его в промышленности было невозможно до тех пор, пока ген гормона роста не был внедрён в бактерию, которая начала продуцировать его в больших количествах. Однако прошло ещё какое-то время, прежде чем гормон роста вышел на рынок как коммерческий продукт. У фермеров, потребителей существовали опасения по поводу побочных эффектов гормонов подобного типа. Несколько позже был получен свиной соматотропин, который приводит к изменению затрат кормов на единицу прироста массы и изменению соотношения прослойки мяса и шпига.

Работы по получению стимуляторов роста для животноводства и птицеводства методами рекомбинантной ДНК будут продолжаться в будущем по мере получения научной информации о гормональном равновесии у коммерческих животных, что должно улучшить первое поколение факторов роста (в частности, соматотропинов) и привести к получению препаратов следующих поколений. Эта вторая волна включает в себя гормон-освобождающий фактор (рилизинг-фактор), который приводит к более интенсивному синтезу самого соматотропина. Возможно, эти вещества являются более прямыми стимуляторами роста.

Первоначальные цели генетических исследований – стимуляция роста, питательная ценность, улучшение мяса и жира, а также определение генетической основы для устойчивости к болезням. Гены, стимулирующие продукцию гормона роста, были наиболее эффективны для свиней, для которых длительное применение инъекционного соматотропина было столь драматичным.

В конце 90-х годов учёные США вплотную подошли к получению сельскохозяйственных животных методом клонирования клеток эмбрионов. Компании "Эмерикан Бридерс Сервис" и "Гранада Генетик" зарегистрировали клонированных телят в результате использования одной клетки 16-32 клеточного эмбриона. Первый успех в области клонирования животных буквально вскружил головы учёным-генетикам и селекционерам, работающим в этой области. Всем памятны эксперименты по клонированию знаменитых овец "Долли" и "Полли", полученных из клетки не эмбрионального происхождения, применяя методы пересадки ядер. Однако на сегодняшний день получены данные о преждевременном одряхлении клонированных овечек. Вероятно, в этих манипуляциях были затронуты генетические механизмы старения. Это говорит о том, что возможность получения нужных пород и линий животных с помощью метода клонирования далека от реализации.

Создание же трансгенных животных с определённым целевым геном – вполне достижимая цель при современном уровне технологии. Молоко – идеальное средство для производства терапевтических протеинов и вакцин. Опубликовано руководство для производства лекарств из молока трансгенных животных. Например, трансгенные козы, в результате введения соответствующего гена, могут вырабатывать специфический белок, фактор VIII, который препятствует кровотечению у больных, страдающих гемофилией, или фермент, тромбокиназу, способствующему рассасыванию тромба в кровеносных сосудах, что актуально для профилактики и терапии тромбофлебита у людей. Трансгенные животные вырабатывают эти белки намного быстрее, и сам способ намного дешевле традиционного. В настоящий момент обсуждается вопрос ещё более простого способа получения этих препаратов от генетически сконструированных коз: не из молока, а из мочи, что значительно упростило бы процесс выделения и очистки препаратов.

Значительные результаты достигнуты в ксенотрансплантации – пересадке органов от одного вида живых организмов другому. Наибольшие успехи получены при использовании свиней, с перенесёнными генами человека, в качестве доноров различных органов. В этом случае наблюдается минимальный риск отторжения органа.

Учёные надеются, что перенос генов поможет снизить аллергию человека к коровьему молоку. Изменения в ДНК должны привести к изменению качества молока, т. е. уменьшить содержание насыщенных жирных кислот и холестерина.

Один из важных аспектов развития генной инженерии и биотехнологии в целом является регулирование деятельности этой отрасли. В США этими вопросами занимаются три ведомства: Министерство сельского хозяйства, Агентство по охране окружающей среды (ФДА), а также Администрация по контролю за качеством пищевых продуктов и косметических средств.

Потенциальный риск генетически модифицированных организмов выражается в двух аспектах: безопасность продовольствия для здоровья людей и экологические последствия. Прежде чем генно-инженерный продукт будет коммерциализирован, он должен пройти процедуру проверки в ФДА для избежания возможности того, что продукт содержит протеины, вызывающие аллергию, или токсичные вещества, или новые опасные вещества.

Министерство сельского хозяйства США контролирует проведение полевых опытов и производство генетически изменённых растений через систему государственных сельскохозяйственных экспериментальных станций.

Всемирной организацией здравоохранения были проведены совещания и конференции по влиянию маркерных генов в трансгенных растениях на здоровье населения. Были сделаны следующие выводы:

1. Большинство генетически модифицированных растений вышли на рынок, либо готовы для коммерциализации. Поэтому вопрос влияния маркерных генов, используемых в трансгенных растениях, на здоровье населения весьма своевременен.

2. Введённые в растения маркерные гены удалять нецелесообразно. Хотя маркерные гены и не несут функционального значения, они необходимы для работ в области биотехнологии растений для обеспечения селекционной работы с трансгенными растениями.

3. Два маркерных гена устойчивости к антибиотикам, несколько – к гербицидам. Количество генов, с помощью которых разрешено маркировать трансгенные растения, ограничено двумя генами устойчивости к антибиотикам, и несколькими – устойчивости к гербицидам.

4. Сами по себе гены не представляют опасности; при экспрессии белков – всё внимание на их функциональную активность. При определении безопасности белков, экспрессируемых маркерными генами в трансгенных растениях, оценка должна проводиться исходя из функций этих белков, а не из их структуры.

5. Проверка источника аллергенности. Считается, что белки маркерных генов не представляют особой опасности для возникновения аллергии. Тем не менее, если такие гены выделены из организма, известного своей способностью вызывать пищевую аллергию, необходимо изучить аллергенность экспрессируемых ими белков.

6. Сведения о вторичных эффектах отсутствуют. За маркерными генами (и их продуктами) не замечено каких-либо свойств, указывающих на то, что в месте их встраивания в геном растения могут возникать дополнительные и/или плейотропные эффекты. Для оценки безопасности различных видов растений, несущих маркерные гены, следует придерживаться общих правил безопасности, выработанных совместно ФАО, ВОЗ и ОЭСР (Организацией по экономическому сотрудничеству и развитию).

7. Индивидуальный подход к каждому гену. Для каждой категории маркерных генов, таких как гены устойчивости к антибиотикам и гербицидам, следует использовать свои индивидуальные методы.

До сих пор на международном уровне отсутствует чёткая политика, регулирующая деятельность биотехнологических компаний. В последние годы различные подразделения ФАО (Food and Agriculture Organization of the United Nations) и организованные ею конференции неоднократно обращались в секретариат ФАО как ведущей организации ООН, занимающейся вопросами продовольствия и сельского хозяйства, с призывами начать широкомасштабное использование потенциала и возможностей современной биотехнологии в интересах развития сельского хозяйства, рыбоводства и лесоводства. Был подготовлен документ о политике, стратегии и программах ФАО в области биотехнологии. В нём проведён анализ таких проблем биотехнологии, как рынок биотехнологических товаров, биобезопасность и права интеллектуальной собственности с учётом, прежде всего, развивающихся стран.

Передовые биотехнологии несомненно могут играть существенную роль в обеспечении экономического и социального роста развивающихся стран. С помощью биотехнологии могут быть получены новые активные диагностикумы, вакцины и лекарственные препараты, применяемые при некоторых заболеваниях, которые широко распространены в развивающихся странах, например, малярии, трипаносомозе, гепатите. Биотехнология может помочь в увеличении урожайности основных злаковых культур, что особенно актуально в связи с ростом численности населения Земли. Считается, что во многих странах, где большие объёмы биомассы не используются или используются не полностью, биотехнология могла бы предложить способы их превращения в ценные продукты. Кроме того, при правильном планировании и управлении биотехнология может найти применение в небольших регионах как инструмент индустриализации сельской местности для создания небольших производств.

Однако, рассматривая достижения биотехнологии, нельзя обойти и явные негативные последствия. В современных условиях происходит стремительная утрата биоразнообразия вследствие нарастающих климатических изменений, разрушения озонового слоя и парникового эффекта и деятельности человека. Широкомасштабное применение биотехнологических продуктов и методов может привести как к генетическому однообразию, так и смене биогеоценозов, которая может повлечь за собой негативные последствия более крупных масштабов.

На заседаниях Римского клуба предсказывался неминуемый системный кризис современной цивилизации. Многие страны западной цивилизации участвуют в разработке и реализации идеи "устойчивого развития", смысл которой заключается в самоограничении ресурсопотребления развитых стран и оказания технологической помощи развивающимся странам, желая таким образом ослабить мировой системный кризис. Транснациональные корпорации стремятся поставить под контроль природные ресурсы планеты. Распространённым мнением считается и то, что сельскохозяйственная биотехнология является одним из направлений, ведущим к устойчивому сельскому хозяйству. Однако биотехнология, и особенно генная инженерия, являясь молодой отраслью деятельности человека, не предоставляет возможности оценить отдалённые последствия применения генно-инженерных продуктов и методов на всех уровнях организации живого: от клеточного до биосферы, и насколько наши сегодняшние прогнозы в отношении развития биотехнологии правильны и оправданы. Окажется ли биотехнология тем "костылём" в современной техногенной цивилизации, с помощью которого мы сможем разрешить многие проблемы, возникшие перед человечеством на рубеже тысячелетий.