

Р.С.Каренов

*Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова  
(E-mail: rkarenov@inbox.ru)*

## **Биотехнология как приоритетное направление индустриально-инновационного развития Казахстана**

В статье показано, что применение инновационных биотехнологий даст возможность в XXI в. обеспечить растущее население Земли продовольствием, а также питьевой водой и другими природными ресурсами на основе повышения эффективности использования потенциалов биосферы, гидросферы, атмосферы и литосферы. Делается вывод, что развитие в перспективе биоэнергетики потребует широкого использования биотехнологий для выращивания биомассы. Описываются современные виды биотоплива, которые включают: этанол, извлекаемый из целлюлозы, сахара и крахмала (за исключением зернового крахмала), отходов обработки зерновых культур и овощей, животных и пищевых отходов; дизельное топливо из биомассы; биогаз, произведенный на основе конверсии биомассы, и другие виды биотоплива, извлекаемого из целлюлозной биомассы. Уделяется внимание применению биотехнологий в целях защиты окружающей среды на предприятиях горнодобывающего сектора экономики.

*Ключевые слова:* биотехнология, биоиндустрия, понятие, рыночный потенциал, биоэкономика, биопродукция, капсулирование семян, медицинские биотехнологии, биоэтанол, биодизель, биогаз, защита окружающей среды.

### *Что такое биотехнология?*

Микроорганизмы существовали с самого зарождения жизни на земле. Представляя собой самую многочисленную и разнообразную группу живых организмов, они встречаются повсеместно — на самых больших глубинах океана и в высоких слоях атмосферы, в воде, почве и в воздухе и т.д. Обладая широким спектром метаболического аппарата, они растут и размножаются как в присутствии кислорода, так и при его полном отсутствии, используя в качестве пищи разнообразные вещества как органической, так и неорганической природы.

Практическое использование микроорганизмов человеком началось еще с древних времен. Вначале это было интуитивным путем: человек научился получать из винограда вино, из молока — сыр, из муки и воды — хлеб. Впоследствии, с развитием науки, когда человек понял, кто «главный виновник» в этих превращениях, была развернута целая отрасль — биотехнология.

В книге марокканского ученого и популяризатора науки Альбера Сассона «Биотехнология: свершения и надежды» отмечается, что «биотехнология, в сущности, не что иное, как использование культур клеток бактерий, дрожжей, животных или растений, метаболизм и биосинтетические возможности которых обеспечивают выработку специфических веществ. Согласно определению Европейской биотехнологической федерации, созданной в 1978 г., биотехнология на основе применения знаний и методов биохимии, микробиологии, генетики и химической техники позволяет извлекать выгоду в технологических процессах из свойств микроорганизмов и клеточных культур. Она создает возможность получения с помощью легко доступных и возобновляемых ресурсов тех веществ и соединений, которые важны для жизни и благосостояния людей.

В промышленном масштабе подобная биотехнология представляет собой уже биоиндустрию. Последняя включает в себя, с одной стороны, отрасли, в которых биотехнологические методы могут с успехом заменить широко используемые в настоящее время традиционные методы, а с другой — отрасли, в которых биотехнология играет ведущую роль. Среди первых в области химической промышленности назовем синтез искусственных приправ, полимеров и сырья для текстильной промышленности, в области энергетики — получение метанола, этанола, биогаза и водорода, в области биометаллургии — извлечение некоторых металлов. Во второй группе отраслей биотехнология охватывает производство продовольствия (широкомасштабное выращивание дрожжей, водорослей и бактерий для получения белков, аминокислот, витаминов, а также для использования их ферментов); увеличение продуктивности сельского хозяйства (клонирование и селекция сортов растений, исходя из тканевых и клеточных культур, производство биоинсектицидов); фармацевтическую промышлен-

ность (разработка вакцин, синтез гормонов, интерферонов и антибиотиков); защиту окружающей среды и уменьшение ее загрязнения (очистка сточных вод, переработка хозяйственных отходов, изготовление компоста, а также производство соединений, поддающихся расщеплению микроорганизмами)» [1; 12–14].

Как считают авторы монографии [2; 21, 22], «биотехнологии представляют собой разнообразные технологии и методы, включая несколько областей применения. Так, например, технологии рекомбинантных ДНК могут применяться для производства крупномолекулярных медицинских препаратов в фармацевтическом секторе, при производстве новых видов зерновых в сельском хозяйстве, при создании новых микроорганизмов, при промышленном производстве ферментов для химической промышленности и т.д. Все это создает сложности при определении понятия «биотехнология» и «биотехнологическая техника», одновременно затрудняя создание соответствующих индикаторов и статистических показателей. Несмотря на это, уже сделаны определенные шаги в этом направлении.

Так, в Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) принято два определения биотехнологий: «простое определение» и более широкое, опирающееся на список биотехнологического применения, или «списочное определение» биотехнологической техники. Они, по мнению экспертов ОЭСР, должны существовать как совместное понятие.

Нельзя сказать, что это понятие является исчерпывающим, но для аналитических работ и статистических материалов оно вполне пригодно. Экспертами ОЭСР предложен следующий «список» современных конвергентных биотехнологий, которые используются в сельском хозяйстве, биоэнергетике, биотехнологической и фармацевтической промышленности, медицине и т.д.:

- ДНК/РНК: геномика, фармакогеномика, генные датчики или генные детекторы, генная инженерия, DNA/RNA секвенирование / синтез и амплификация (определение первичной структуры макромолекул, усиление процесса копирования ДНК/РНК, генетически выраженное профилирование и др.).

- Протеины и другие молекулы: секвенирование / синтез и конструирование протеинов и пептидов, включая большие гормональные молекулы, улучшенная система доставки лекарственных препаратов в конкретные точки организма на основе больших молекул, протеомика, изолирование и очистка протеинов, сигнализация и идентификация клеточных рецепторов.

- Клеточные и тканевые культуры и их конструирование: ферментация, использующая биореакторы, биопродуцеры, биовыщелачивание, размягчение древесины с помощью лигнин-разрушающих грибов, отбеливание с помощью древоразрушающих грибов, биодесульфуризация, биологическая очистка зараженных органическими отходами почв с помощью грибов, биофильтрация и др.

- Гены и РНК-векторы: генная терапия, вирусные векторы.

- Биоинформатика: конструирование баз данных геномов, протеинового секвенирования, моделирования сложных биологических процессов, включая системную биологию.

- Нанобиотехнологии: инструменты и процессы, использующие нано- и микротехнологии с целью создания оборудования для изучения биосистем и использования в системах доставки лекарственных препаратов в организм, диагностике и пр.

Различают также используемые, особенно в животноводстве, генетические и репродуктивные инновационные биотехнологии. К репродуктивным биотехнологиям относятся технологии искусственного осеменения AI (*Artificial insemination*) и эмбрионального трансфера ET (*Embryo transfer*). Эти биотехнологии широко используются в сельском хозяйстве промышленно развитых стран и в меньшей степени в развивающихся.

Достижения в молекулярной генетике предоставили возможность создания техники генной селекции, главным образом для борьбы с заболеваниями животных и устранения генных дефектов. Инновационные биотехнологии, включая технологии клонирования, трансгеноза и трансфера соматического (телесного) материала, окажут громадное воздействие на развитие животноводства и птицеводства в XXI в. Однако еще не полностью решены проблемы научного, политического, экономического, институционального и религиозного характера, сдерживающие в определенной степени использование таких биотехнологий».

Стоит отметить, что биотехнология является одним из эффективных путей индустриально-инновационного развития нашего государства, компонентом успешного и устойчивого экономического развития страны в свете реализации Стратегии «Казахстан–2050». На это акцентировал внимание Президент РК Н.А.Назарбаев в своем Послании народу Казахстана «Казахстанский путь–2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее»: «В рамках второй и следующих пятилеток

следует основать отрасли мобильных и мультимедийных, нано- и космических технологий, робототехники, генной инженерии, поиска и открытия энергии будущего» [3; 4].

Республика Казахстан обладает большим рыночным потенциалом для эффективного применения биопрепаратов — нефтегазовый сектор, сельское хозяйство, животноводство и др. Сегодня создан и успешно применяется целый спектр микробиологических препаратов для нужд промышленности, сельского хозяйства, животноводства и охраны окружающей среды. Основное назначение биопрепаратов — сокращение и отказ от использования химически вредных веществ в промышленности, сельском хозяйстве и в быту, переход на ресурсосберегающие, экологически чистые и безопасные технологии.

*Интеграция и конвергенция биотехнологий, участвующих  
в формировании биоэкономики и биообщества*

Применение человеком биотехнологий в национальном и глобальном производстве первичной продукции, здравоохранении и промышленности формирует биоэкономику и биообщество, находит отражение в становлении инновационно-технологической цивилизации XXI столетия. Биоэкономика вносит значительную долю в национальный и глобальный ВВП.

Ожидается, что к 2030 г. доля биотехнологий в глобальном ВВП может достичь порядка 2,7 %. Эта тенденция будет наиболее активно сопровождаться конвергенцией и синергией биотехнологий с нанотехнологиями, ИКТ (информационно-коммуникационными технологиями), когнитивными науками и технологиями, при общем росте глобального ВВП [2; 14–16].

Биотехнологии и биоэкономика, формируя биообщество, порождают набор новых социальных связей, новый социум, трансформируют социальную психологию, изменяют мышление общества, политиков и человечества в целом [2; 280].

В принципе уже сейчас наблюдается процесс интеграции и конвергенции различных направлений использования биотехнологий, что фактически создает фундамент формирования биообщества XXI в., инновационное биомышление, биопсихологию людей и биосоциальную психологию общества (рис. 1).

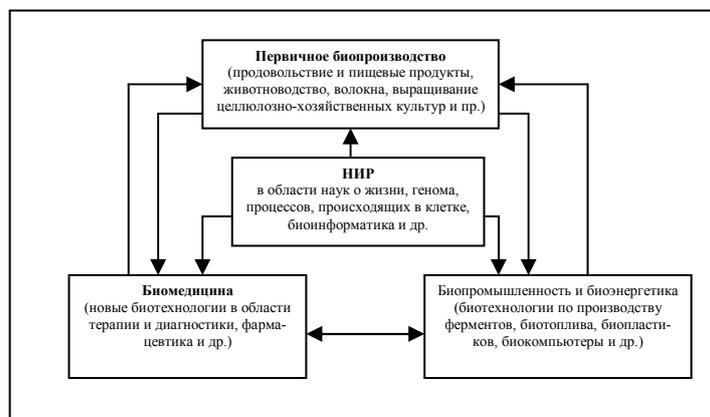


Рисунок 1. Схема, иллюстрирующая интеграцию и конвергенцию биотехнологий, участвующих в формировании биоэкономики и биообщества (по материалам: Arundel A., Sawaya D. The Bioeconomy, 2030. Designing the Policy Agenda. OECD, Int. Programme. 2009 Jupiter Images Corporation/Imagine Ltd. [4; 24])

Изменение в биомышлении в значительной степени связано с проблемой изменения природы, в том числе и самого человека как важнейшей составляющей этой природы и биосферы, а также с проблемой устойчивости развития глобальной биоэкономики и инновационной цивилизации XXI в.

*Проблемы и перспективы производства и потребления первичной биопродукции*

Как сейчас, так и в перспективе производство первичной биопродукции будет напрямую связано с повышением эффективности функционирования природных систем жизнеобеспечения человека, в том числе посредством применения биотехнологий.

В перспективе биотехнологии в сельском хозяйстве будут играть исключительно важную роль, имея в виду значительный рост населения Земли и, следовательно, рост спроса на первичную биопродукцию. Если в настоящее время население Земли составляет около 7 млрд человек, то, по прогнозам экспертов, население мира к 2050 г. увеличится до 9,2 млрд человек [5; 3].

Значит, у нас нет другого выбора, кроме как продолжать активизировать производство продовольствия. Но темпы роста основных зерновых культур снижаются. Фермеры сталкиваются с рядом пересекающихся проблем: усиление конкуренции за землю и воду, рост цен на топливо и удобрения, влияние изменения климата.

Кроме того, площадь пашенных земель в мире неуклонно сокращается. Если в середине прошлого столетия она составляла около 1,5 млрд га, то к настоящему времени не более 1,3 млрд га. Наиболее крупное изъятие пашенных земель из сельскохозяйственного оборота произошло в таких странах, как Китай, Индия, Россия. Только за последнее десятилетие в Китае площадь сельскохозяйственных угодий сократилась на 62 млн га, из них более 8 млн га — это потери пашенных земель, в Индии — соответственно 45 и 11 млн га, в России — 35 и 17 млн га. Между тем потенциал продовольственных рынков этих стран в значительной степени определяется импортом сельскохозяйственной продукции [6; 128].

Проблема воспринималась бы не столь болезненно, если бы в мире наблюдался рост объемов производства продовольствия, хотя бы адекватно росту урожайности сельскохозяйственных культур. Однако на сегодняшний день наблюдается иная ситуация.

В сложившихся условиях существующая парадигма интенсивного производства сельхозкультур не может отвечать вызовам нового тысячелетия. Безусловно, интенсивное производство сельскохозяйственных культур помогает частично решить проблемы снабжения населения Земли продовольствием и развивать новые сельские районы. Однако эти достижения имеют негативные последствия для окружающей среды. Во многих странах десятилетия интенсивной обработки привели к деградации плодородных земель и обеднению грунтовых вод, увеличению количества вредителей, снижению биоразнообразия и загрязнению воздуха, почвы и воды.

Интенсивно использовавшиеся химические удобрения для поднятия урожайности и пестициды для защиты растений от вредных насекомых вызывают к тому же серьезные побочные эффекты: резкий всплеск аллергических заболеваний населения, особенно в развитых странах, загрязнение химикатами гидросферы и литосферы, т.е. подсистем жизнеобеспечения человечества. Тем не менее «химизация» биосферы и организма человека продолжается. Долгосрочные последствия ее для населения Земли и сельского хозяйства в целом непредсказуемы. Поэтому для человечества XXI в. в этом контексте логично встает вопрос о необходимости широкого применения биотехнологий в сельском хозяйстве.

Биотехнологии позволяют восстановить плодородие земли, увеличить урожайность сельскохозяйственных культур на 20–30 %. Применение микробиологических препаратов в комплексе с современной агротехникой позволяет полностью использовать не только потенциал земли, но и биологический потенциал самих растений. Микробиологические препараты не только позволяют снизить применение химических препаратов, но и дают значительную прибавку к урожаю, на 20–40 %, экологически чистого, с лучшими качественными и вкусовыми характеристиками, продукта.

Полученный из отходов других производств (нефтегазовая, химическая и пищевая промышленность) кормовой белок представляет собой смесь биомассы бактерий, экологически чистый и безопасный при использовании, с высоким содержанием протеина (38–50 %), имеет богатый набор витаминов и незаменимых аминокислот, характеризуется высокой усвояемостью сельскохозяйственными животными, птицей и рыбой. Он эффективно заменяет в кормах шроты, мясокостную муку, кормовые дрожжи, повышает среднесуточные привесы живой массы, обеспечивает экономию кормов, снижает падеж.

Для повышения эффективности сельского хозяйства в животноводстве, как и при производстве зерна и других сельскохозяйственных культур, в промышленно развитых странах уже активно применяются новейшие инновационные биотехнологии, включая технологии создания генно-модифицированных организмов (ГМО).

Помимо давления на экосистемы и биосферу, в целом это приводит к росту объемов сельскохозяйственного производства. Однако отдаленные последствия употребления ГМО пока не известны. Хотя в мировой практике еще не было ни одного случая, свидетельствующего о негативном последствии употребления генно-модифицированных продуктов. Тем не менее необходимо же-

стко контролировать ввоз и распространение ГМО и продуктов на их основе. К сожалению, на сегодняшний день в нашей стране систематического мониторинга ГМО не существует. Пока мы вынуждены «верить на слово» производителям. Именно поэтому Казахстану нужны современные лаборатории по мониторингу ГМО, оценке их влияния на окружающую среду и человека [7; 7].

На сегодняшний день в широком ряду технологий современного сельского хозяйства большое внимание уделяется биотехнологии капсулирования семян.

Термин «капсулированные семена» довольно обобщенный (включает дражированные и инкрустированные семена). Под ним понимают покрытие семян полимерной оболочкой (пленкообразующим составом) с различными микродобавками для повышения всхожести семян и устойчивости растений.

Биотехнология капсулирования семян включает подготовку семенного материала (очистку от примесей, калибрование на посевные фракции, предварительное шлифование откалиброванных семян, сортирование по аэродинамическим свойствам и плотности), приготовление клеящих растворов, дополненных питательными и защитными составами, обработку и сушку семян [8; 54].

В целом биотехнология капсулирования семян может быть применена к широкому ряду сельскохозяйственных культур Казахстана. Ее широкое внедрение обеспечит получение экологически чистой продукции, импортозамещение сельхозпродукции, увеличение прибыли хозяйств, улучшение финансового положения сельского населения.

#### *Медицинские биотехнологии*

В здравоохранении биотехнологии применяются в терапии, диагностике, фармогенетике, функциональных продуктах питания и нутрицевтике, а также в медицинском оборудовании. Некоторые биотехнологии, например, такие как биофармацевтика и «*in vitro*» диагностика, уже коммерциализированы и имеют выход на мировой рынок.

Как считают специалисты, экспериментальная биотерапия с использованием биотехнологий охватывает клеточный инжиниринг, терапевтическую вакцинацию, исследования в области стволовых клеток, литических вирусов, генов и др. Надо сказать, что эти направления определяются в ОЭСР как «экспериментальные», так как они не получили еще широкого маркетингового одобрения со стороны государственных органов стран ОЭСР, ответственных за подготовку и принятие соответствующих юридических решений в области медицины. Вместе с тем именно эти направления находятся на самом передовом крае науки в области медицинских биотехнологий [2; 274].

В настоящее время медицинские биотехнологии во все большей степени используются биотехнологическими фирмами при разработке, тестировании и производстве молекулярной фармацевтической продукции.

#### *Биоэкономика и биоэнергетика*

В соответствии с базовым сценарием Международного энергетического агентства мировой спрос на первичные энергоресурсы до 2030 г. будет расти на 1,5 % ежегодно. Исходя из этих прогнозов и экологических требований многие развитые, а также и развивающиеся страны приняли соответствующие стратегии по производству и использованию в энергетике различных видов биотоплива, что, по-видимому, будет в перспективе являться одной из важнейших составляющих биоэкономики.

Как известно, возобновляемая биомасса может быть получена из первичных источников, таких как продовольственное зерно, трава, деревья и морские водоросли, а также из отходов домашних хозяйств, промышленности и сельского хозяйства. Различные типы технологических биопроцессов могут преобразовывать эти первичные материалы в биотопливо. В результате будет постепенно формироваться сектор производства биотоплива в рамках современной биоэкономики [2; 267].

В настоящее время в различных стадиях решений и коммерциализации находится несколько технических процессов, направленных на получение биотопливных материалов различной природы для автомобильного транспорта, сельскохозяйственного производства, для получения электроэнергии и тепла [9; 86]:

- биоэтанол из крахмалосодержащего сырья;
- биодизель на основе использования растительных масел;
- биогаз из различных отходов органической природы;
- биобутанол, получаемый из смеси ацетона и бутанола на основе использования зерна.

1. *Биоэтанол*. Как известно, основное нефтехимическое сырье получают из нефти. В последнее время уменьшение природных ресурсов заставляет специалистов в области химии искать альтернативные источники сырья. На сегодняшний день более перспективным источником является биоэтанол, получаемый из биомассы. В отличие от угля и природного газа биоэтанол является возобновляемым источником, с практически неограниченными запасами, который отвечает современным экологическим требованиям к химическому сырью, из которого получают широкий спектр промежуточных и целевых продуктов крупнотоннажного нефтехимического и тонкого органического синтеза [10–12].

Биоэтанол является одним из самых динамично развивающихся продуктов сельского хозяйства. В ближайшей перспективе рост мирового рынка биоэтанола составит около 10 % в год [13].

Сырьём для производства биоэтанола могут быть различные сельскохозяйственные культуры, а также отходы лесной, деревоперерабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, полеводства и животноводства: маниок, картофель, сахарная свекла, батат, сорго, ячмень, которые содержат в своем составе крахмал или сахар [14].

Использование биоэтанола в топливных целях во многом ограничено, главным образом из-за его высокой гигроскопичности и возможности вымерзания растворенной воды при понижении температуры в холодных районах. В северных странах этанол смешивают с горючим и используют в качестве присадки к бензинам (5–15 %). В настоящий момент перспективным считается дальнейшая переработка этанола в органические вещества и их смеси, обладающие более высокими топливными характеристиками, такими как удельная энергоёмкость, низкая коррозионная активность, давление насыщенных паров и т.д. Таким образом, повышается степень соответствия произведенного биотоплива реальным маркам нефтяного топлива и, как следствие, его конкурентоспособность на мировых рынках [15; 63].

Необходимо отметить, что до сих пор большинство проектов по переработке этанола еще не имеют промышленной реализации. Однако исследования в этом направлении ведутся как с целью получения полупродуктов нефтяного синтеза, так и для производства чистого топлива.

2. *Биодизель*. С химической точки зрения биодизель — это смесь сложных эфиров одноосновных карбоновых кислот. Биодизель получают путем переэтерификации масла реакцией с метиловым спиртом. В результате реакции образуются эфиры жирных кислот, а также побочные продукты — глицерин, растворимые поташ и мыло. Биодизель можно получать в проточной СКФ-установке (сверхкритическая флюидная установка). При этом технологический процесс упрощается, а скорость реакции переэтерификации масел значительно сокращается [16; 66].

Согласно прогнозно-аналитическим расчетам Международного энергетического агентства (International Energy Agency, IEA) производство биоэтанола и биодизеля в Европейском союзе, США, Канаде и в других странах, подписавших Киотский протокол по выбросам парниковых газов в атмосферу, будет неуклонно расти до 2020 г. (рис. 2).

Биодизель может использоваться в обычных двигателях внутреннего сгорания, как самостоятельно, так и в смеси с обычным дизтопливом, без внесения изменений в конструкцию двигателя.

Обладая примерно одинаковым с минеральным дизельным топливом энергетическим потенциалом, биодизель имеет следующие преимущества [17; 56]:

- не токсичен, практически не содержит серы и канцерогенного бензола;
- разлагается в естественных условиях (примерно так же, как сахар);
- экологически чистый вид топлива, обеспечивает значительное снижение вредных выбросов в атмосферу при сжигании как в двигателях внутреннего сгорания, так и в технологических агрегатах;
- увеличивает цетановое число топлива и его смазывающую способность, что существенно увеличивает ресурс двигателя;
- имеет высокую температуру воспламенения (более 100 °С), что делает его использование относительно безопасным;
- источником являются возобновляемые ресурсы.

Производство биодизеля легко организовать, в том числе в условиях небольшого фермерского хозяйства. При этом применяется недорогое оборудование. Сегодня биодизель используется во многих странах мира (Германии, Австрии, Чехии, Франции, Италии, Швеции, США).

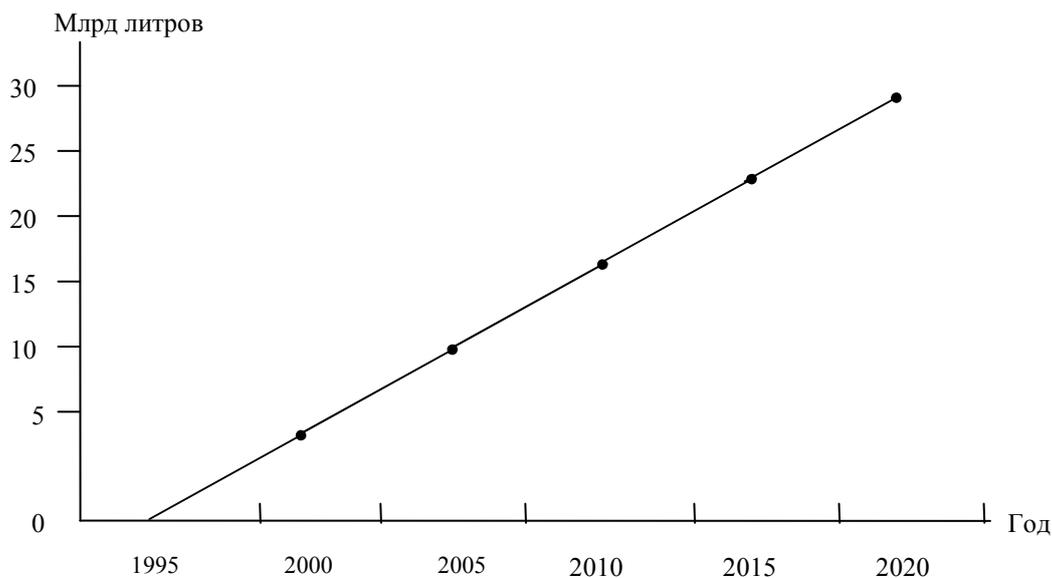


Рисунок 2. Мировое производство биоэтанола и биодизеля до 2020 г. (данные работы [9; 86])

3. *Биогаз*. В нетрадиционной энергетике особое место занимает переработка органических сельскохозяйственных и бытовых отходов метановым брожением, с получением биогаза, содержащего около 70 % метана, и обеззараженных органических удобрений. Чрезвычайно важна утилизация биомассы в сельском хозяйстве, где на различные технологические нужды расходуется большое количество топлива и непрерывно растет потребность в высококачественных удобрениях.

Биогаз — это смесь метана и углекислого газа, образующаяся в процессе анаэробного сбраживания в специальных реакторах — метантенках, устроенных и управляемых таким образом, чтобы обеспечить максимальное выделение метана. Энергия, получаемая при сжигании биогаза, может достигать 90 % той, которой обладает исходный материал. Другое достоинство процесса переработки биомассы состоит в том, что в его отходах содержится значительно меньше болезнетворных микроорганизмов, чем в исходном материале. Производительность биогазовой установки зависит не только от вида отходов, но и от объема перерабатываемой массы. Наиболее выгодны установки большого объема. Но для домашнего хозяйства достаточно установки с объемом реактора 4 кубометра.

Считается, что годовая потребность в биогазе для обогрева жилого дома составляет около 45 кубометров на один квадратный метр жилой площади, суточное потребление для подогрева воды для 100 голов крупного рогатого скота — 5–6 кубометров, для сушки одной тонны сена влажностью 40 % — 100 кубометров, одной тонны зерна — 15 кубометров, для получения 1 кВт·ч электроэнергии — 0,4–0,7 кубометра [18; 27].

Неоспоримое преимущество биогаза заключается в децентрализованном производстве электроэнергии и тепла.

4. *Сооружение биоэнергетических установок (БЭУ)*. БЭУ осуществляют биоконверсию органических отходов путем анаэробной ферментации, позволяют полностью перерабатывать отходы не только животноводства, но и полеводства, и коммунально-бытового хозяйства сельских населенных пунктов. При этом, в отличие от существующих способов аэробной очистки стоков, получают качественные обеззараженные удобрения и биогаз (метан), который позволяет полностью или частично заменить жидкое и газообразное топливо путем использования его в теплогенераторах, печах и двигателях внутреннего сгорания [9; 88].

К оценке эффективности БЭУ следует подходить с народнохозяйственной точки зрения, когда эффект экономии органического топлива, повышения урожайности из-за внесения обеззараженного удобрения и улучшения качества окружающей среды оценивается не с позиций отдельного хозяйства, а с учетом интересов всей экономики и общества, для которых энергетическая, продовольственная и экологическая проблемы представляют первостепенную важность.

*Применение биотехнологий в целях защиты окружающей среды на предприятиях горнодобывающего комплекса*

В ряду наиболее остро стоящих мировых проблем XXI в. находится состояние окружающей среды. Здоровью миллионов людей угрожает загрязнение почвы, воды и воздуха, вызываемое деятельностью различных предприятий, в том числе и горнодобывающих.

Воздействие каждого техногенного фактора горного производства на окружающую среду, в частности на биоту, проявляется в различных формах. Так, например, минеральная пыль, выброшенная из шахт и штолен и осевшая на листовые пластины растений, меняет условия их жизнеобеспечения за счет уменьшения продуктивности процесса фотосинтеза. Взрывная пыль, содержащая в себе примеси тяжелых металлов, привносит новые элементы в химический состав почвы, тем самым снижая ее продуктивные качества как субстрата для роста растений и жизнедеятельности микроорганизмов. Многочисленные хвостохранилища обогатительных фабрик и отвалы вскрышных пород являются не только источником техногенной пыли, но и угрозой естественного равновесия природной среды из-за огромной площади покрытия. В этой связи необходимо восстановление на большей части территории планеты естественной биоты в масштабах, достаточных для сохранения ее способности к саморегуляции окружающей среды. Концепция биологической регуляции исходит из необходимости ограничения пространственного развития техносферы и установления пределов биосферных изменений и рекультивации ныне нарушенных участков геологической среды. Иными словами, следуя этой концепции, человечеству необходимо вернуться в выделенный ему законами устойчивой биосферы коридор для развития и принять все меры для восстановления нарушенного равновесия [19; 58].

В условиях Казахстана усиление экологических рисков сопровождается ощутимым ростом воздействия загрязнений на его экономику через снижение здоровья, сокращение продолжительности жизни населения и его трудового потенциала, препятствующих росту технологической мощи национальной экономики. Это подтверждает непреходящую актуальность этой проблемы для Казахстана и необходимость ее решения на основе мер противодействия негативным процессам. Перспективы перехода экономики к природосберегающему развитию диктуют необходимость изучения мировых тенденций в обеспечении эффективного природосбережения с использованием потенциала высокоэкологических технологий для продвижения по этой траектории развития.

Выход Казахстана на этот перспективный путь требует изучения мировых тенденций и использования опыта стран по созданию экологически чистых производств и применению безопасных для экологии технологий. Так, с учетом актуальности проблем защиты окружающей среды в республике, особенно в регионах активной добычи углеводородов и их переработки, а также в сфере деятельности горнорудных предприятий, перспективным для решения экологических проблем может быть применение разработок в области биотехнологий [20; 24].

Одной из основных экологических проблем на предприятиях нефтегазового комплекса являются аварии на нефтепроводах в связи с их износом, старением, а также при перевозках нефти и нефтепродуктов различными видами транспорта. Кроме того, в последние годы участились аварии на трубопроводах вследствие несанкционированных врезок в нефте- и продуктопроводы с целью хищения нефтепродуктов, что служит причиной аварийных локальных загрязнений почвы площадью 1–2 га и объемом нефтезагрязненной почвы от 3000 до 10000 м<sup>3</sup> с нефтесодержанием от 100 до 400 г/кг. Создавшееся положение диктует необходимость принципиально новых подходов к ликвидации аварийных разливов на почве, разработки научно-методических основ, приемов и технологий ее реабилитации.

Почвы и грунты считаются загрязненными, когда концентрация нефтепродуктов в них достигает такой величины, при которой начинаются негативные экологические изменения в окружающей среде, а именно нарушается экологическое равновесие в почвенной экосистеме, гибнет почвенная биота, падает продуктивность или наступает гибель растений, происходит изменение морфологии, водно-физических свойств почв, снижается их плодородие, создается опасность загрязнения подземных и поверхностных вод в результате вымывания нефтепродуктов из почвы или грунта и их растворения в воде [21; 4].

Использование биотехнологий в нефтедобывающих регионах страны позволяет решить проблемы борьбы с утечкой нефти и ее последствиями. Кроме того, технологии фито- и биоремедиации могут способствовать удалению тяжелых металлов и других элементов из почвы за счет аккумуляции металлов растениями, являясь альтернативой применяемым сегодня методам восстановления почв, например, их экскавации и промывки в результате относительно меньших затрат. Преимуществом биоремедиации являются как щадящее воздействие на окружающую среду, так и возможность точного и целенаправленного ее применения, высокая скорость усвоения и переработки микроорганизмами

загрязнителей в безвредные для окружающей среды продукты жизнедеятельности бактерий, а также экологическая и гигиеническая безопасность.

На сегодняшний день разработками в области биоремедиации занимается Национальный научный центр биотехнологии РК, участвующий в проведении полевых испытаний в ходе реализации проекта по очищению и восстановлению почв от нефти и нефтепродуктов.

Одной из важнейших проблем в природоохранной деятельности является защита атмосферы от загрязнений, которые в значительных масштабах выбрасываются промышленностью, энергетическими производствами и транспортом.

Основное загрязнение атмосферы в Республике Казахстан связано с выбросами от предприятий цветной металлургии, теплоэнергетики, черной металлургии, транспорта. Загрязнение воздушного бассейна обуславливается также разработкой старых и освоением новых месторождений углеводородного сырья, что приводит к увеличению загрязнения атмосферы сероводородом, меркаптанами. Сжигание на факелах попутного газа сопровождается выбросом в атмосферу большого количества парниковых газов, оксидов серы и азота, вокруг месторождений формируется повышенный тепловой фон.

Реальность угроз от загрязнения атмосферного воздуха сказывается на ухудшении здоровья населения и деградации окружающей среды. Решение этих проблем требует изменений в национальной и международной инновационной политике, широкого применения биотехнологий. Универсальность этих технологий заключается в том, что существует огромное число разновидностей микроорганизмов, которые могут превращать широкий спектр органических и неорганических компонентов отходящих газов в безвредные вещества.

Как показывает исследование [22; 58–61], в настоящее время существует три основных метода биологической очистки отходящих газов — обработка потоков в биофильтрах, капельных биофильтрах и биоскруберах (табл.).

Т а б л и ц а

Классификация методов биологической очистки отходящих газов

| Методы               | Микробная флора | Водная фаза    | Механизм очистки  | Преимущества   | Недостатки  |
|----------------------|-----------------|----------------|---|--|---|
| Био-фильтр           | Иммобилизована  | Стационарная   | 1. Сорбция компонентов отходящего газа влажным материалом фильтрующего слоя<br>2. Биодеструкция микроорганизмами  | Простота; низкие капитальные; низкие текущие расходы; разложение слаборастворимых в воде веществ; устраняют запахи   | Низкая объемная скорость потока; обработка потоков с низкой концентрацией устранимых компонентов; невозможен контроль процесса; каналообразование в фильтрующем слое; ограниченный срок службы фильтрующего слоя; избыток биомассы не удаляется |
| Биоскрубер           | Диспергирована  | Нестационарная | 1. Абсорбция компонентов отходящего газа в скруббере<br>2. Биодеструкция микроорганизмами в аэротенке   | Возможность контроля моделирования процесса; высокая массопередача; обработка потоков с высокой концентрацией загрязнителей; высокая стабильность в работе; возможность добавлять питательные вещества | Высокие капитальные; высокие текущие расходы; образование избыточной биомассы   |
| Капельный био-фильтр | Иммобилизована  | Нестационарная | 1. Абсорбция компонентов отходящего газа в скруббере с насадкой<br>2. Диффузия абсорбированных компонентов в биопленку<br>3. Биодеструкция микроорганизмами | Простота; низкие капитальные; низкие текущие расходы; обработка умеренно загрязненных потоков; возможность контроля рН; возможность добавлять питательные соли   | Лимитированные возможности контроля процесса, возможное образование каналов, ограниченный срок службы фильтрующего слоя; не удаляется избыток биомассы  |

Примечание. Используются данные работы [21; 57].

Биофильтры принципиально отличаются от поглощающих химических фильтров, поскольку они не сорбируют газы, а подвергают их переработке до безвредных веществ (вода и уголекислоты). Биофильтры практически постоянно остаются чистыми, не содержат вредных веществ. Процесс осуществляется путем продувки через фильтр загрязненного воздуха.

Применение биоскрубберов предполагает значительно большие инвестиции. Несмотря на то, что в республике уже имеется опыт использования биоскрубберов для устранения паров растворителей на заводе Айнуур, необходимость в наукоемких исследованиях, большие капитальные затраты делают возможные приложения этой технологии на сегодня проблематичными. Подобный вывод можно сделать и в отношении к капельной биофильтрации, технология которой сейчас находится в стадии исследования и имеются лишь немногие пилотные и промышленные установки.

В заключение хотелось бы особо подчеркнуть, что уже в ближайшем будущем разработка и использование инновационных биотехнологий могут внести весомый вклад в решение таких вопросов, как обеспечение продовольствием растущего населения Земли, принципиальное улучшение медицины, предотвращение деградации среды обитания и глобального изменения климата, смягчение кризиса, исчерпание ископаемых ресурсов.

### Список литературы

- 1 Сассон А. Биотехнология: свершения и надежды: Пер. с англ. / Под ред., предисл. и доп. В.Г.Дебабова. — М.: Мир, 1987. — 411 с.
- 2 Казанцев А.К., Киселев В.Н., Рубвальтер Д.А., Руденский О.В. NBIC-технологии: Инновационная цивилизация XXI века. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 384 с.
- 3 Послание Главы государства Н.А.Назарбаева народу Казахстана «Казахстанский путь–2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее» // Мысль. — 2014. — № 2. — С. 2–9.
- 4 Arundel A., Sawaya D. The Bioeconomy 2030. Designing the Policy Agenda. OECD, Int. Futures Programme. 2009 Jupiter Images Corporation / Imagine Ltd. — P. 24.
- 5 Момыналиев К. Биотехнологии для чистых продуктов // Казахстанская правда. — 2012. — 4 окт. — С. 3.
- 6 Порунов А.Н. О современной конъюнктуре мирового рынка продовольствия и стратегии «биоэтанализации» России // Маркетинг в России и за рубежом. — 2008. — № 3(65). — С. 124–132.
- 7 Раманкулов Е. Перспективы отечественной биотехнологии // Казахстанская правда. — 2007. — 1 февр. — С. 7.
- 8 Утеулин К. Технология капсулирования семян // Промышленность Казахстана. — 2010. — № 4 (61). — С. 54–56.
- 9 Арутюнов А.Л. О перспективах использования основных и альтернативных видов топлива в сельскохозяйственном производстве России // Проблемы прогнозирования. — 2010. — № 3. — С. 82–92.
- 10 Durre P. Biobutanol: an attractive biofuel // Biotechnol. J. — 2007. — Vol. 2, No. 12. — P. 1525–1534.
- 11 Festel G.W. Biofuels — economic aspects // Chem. Eng. Technol. — 2008. — Vol. 31, No. 5. — P. 715–720.
- 12 Huber G.W., Corma A. Synthesis of transportation fuels biomass // Chem. Rev. — 2006. — Vol. 106, No. 9. — P. 4044–4098.
- 13 [http://agrogold.ru/bioetanol\\_proizvodstvo\\_bioetanola](http://agrogold.ru/bioetanol_proizvodstvo_bioetanola).
- 14 Linping S., Xinwen G., Min L., Xiangsheng W. Ethylation of coking benzene over nanoscale HZSM-5 zeolites: Effects of hydrothermal treatment, calcination and La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> modification // App. Catalysis. A: General. — 2009. — Vol. 355, No. 1–2. — P. 184–191.
- 15 Досумов К., Тунгатарова С., Ергазиева Г., Шайзадаулы Е. Каталитическая конверсия биоэтанола // Промышленность Казахстана. — 2012. — № 4 (73). — С. 62–65.
- 16 Шаповалов Ю. Экологически безопасные сверхкритические технологии // Промышленность Казахстана. — 2011. — № 4(67). — С. 64–67.
- 17 Утеулин К. Галофиты — сырьевая база биотоплива // Промышленность Казахстана. — 2008. — № 6(51); 2009. — № 1(52). — С. 56–57.
- 18 Сакенов М. Биоэнергетика // Промышленность Казахстана. — 2004. — № 3 (24). — С. 26–30.
- 19 Жалгасулы Н., Черний Г., Ким В., Исмаилова А. Биотехническая рекультивация техногенных образований // Промышленность Казахстана. — 2011. — № 2 (65). — С. 58–60.
- 20 Барлыбаева Н. Мировые тенденции в развитии природосберегающих технологий // Экономика и статистика. — 2011. — № 1. — С. 22–26.
- 21 Тасекеев М.С. Достижения биотехнологии в нефтяной и горно-металлургической отрасли (обзорное исследование). — Алматы: НИЦ НТИ, 2008. — 100 с.
- 22 Винаров А.Ю., Ипатов Т.В. Консорциум бактерий *Erwinia species* и *Arthrobacter simplex* — деструктор нефтепродуктов и органического субстрата в растительном сырье и отходах животноводства // Экологические системы и приборы. — 2003. — № 10. — С. 58–61.

Р.С.Каренов

## **Биотехнология Қазақстанның индустриалды-инновациялық дамуының басым бағыты ретінде**

Мақалада биотехнологиялар «жаһандық технологиялар» ретіндегі ғылыми пәндердің, экономика секторларының кең ауқымын қамтитындығы және планетаның үлкен аумақтарына таралатындығы туралы айтылған. ХХІ ғасырда олар медицинада, ауыл шаруашылығында, электроникада, энергетикада, яғни Қазақстан Республикасы экономикасының көптеген секторларында, инновациялық өнімдердің қуатты өндірісін дүниеге әкеле алатындығы негізделген. Инновациялық биотехнологияларды қолдану ХХІ ғасырда биосфера, гидросфера, атмосфера және литосфера әлеуетін пайдалану тиімділігін арттыру негізінде жыл санап артып келе жатқан жер шары халқын ауыз сумен және басқа да табиғи ресурстармен қамтамасыз етуге мүмкіндік беретіндігі көрсетілген. Болашақта биоэнергетиканың дамуы биомассаны өсіруге биотехнологияның кеңінен қолданылуын талап ететіндігі туралы қорытынды жасалған. Биоотынның заманауи түрлері: целлюлозадан, қанттан және биоотыннан алынатын (астық крахмалын қоспағанда) этанол, астық дақылдарын және көкөністі тағамдық қалдықтарды, биомассада алынатын дизелдік отын, биомасса конверсиясы негізінде өндірілген биогаз және целлюлозалық биомассада алынатын биоотынның басқа түрлері суреттелген. Экономиканың кең өндіру секторы кәсіпорындарында қоршаған ортаны қорғау мақсатында биотехнологияны қолдануға көңіл бөлінген.

R.S.Karenov

## **Biotechnology as priority direction industrial and innovative development of Kazakhstan**

It is noted that biotechnologies as «global technologies», cover a wide range of scientific disciplines, sectors of economy and extend on enormous territories of our planet. Locates that in XXI century they can cause a powerful wave of production of innovative products and services in medicine, agriculture, the industry, the electronic engineer, the power engineering specialist, that is practically in overwhelming quantity of sectors of economy of the Republic of Kazakhstan. Is shown that application of innovative biotechnologies will give the chance in XXI century to provide with the food increasing population of Earth, and also drinking water and other natural resources on the basis of increase of efficiency of use of capacities of the biosphere, the hydrosphere, the atmosphere and a lithosphere. The conclusion is drawn that development in the long term of bio-energetics will demand wide use of biotechnologies for biomass cultivation. Modern types of biofuel which include are described: the ethanol extracted from cellulose, sugar and starch (except for grain starch), waste of processing of grain crops and vegetables, animal and food waste; diesel fuel from biomass; the biogas made on the basis of biomass conversion, and other types of the biofuel extracted from cellulose biomass. The attention to application of biotechnologies for environment protection at the enterprises of mining sector of economy is paid.

### References

- 1 Sasson A. *Biotechnology: fulfillments and hopes*, Transl. from English, Ed., preface and additions by V.G.Debabov, Moscow: Mir, 1987, 411 p.
- 2 Kazantsev A.K., Kiselyov V.N., Rubvalter D.A., Rudensky O.V. *NBIC technologies: Innovative civilization of XXI century*, Moscow: INFRA-M, 2014, 384 p.
- 3 *Mysl*, 2014, 2, p. 2–9.
- 4 Arundel A., Sawaya D. *The Bioeconomy 2030. Designing the Policy Agenda*. OECD, Int. Futures Programme. 2009 Jupiter Images Corporation/Imagine Ltd., p. 24.
- 5 Momynaliyev K. *Kazakhstanskaya pravda*, 2012, October, 4, p. 3.
- 6 Porunov A.N. *Marketing in Russia and abroad*, 2008, 3(65), p. 124–132.
- 7 Ramankulov E. *Kazakhstanskaya pravda*, 2007, February, 1, p. 7.
- 8 Uteulin K. *Industry of Kazakhstan*, 2010, 4(61), p. 54–56.
- 9 Arutyunov A.L. *Forecasting problems*, 2010, 3, p. 82–92.
- 10 Durre P. *Biotechnol. J.*, 2007, 2, 12, p. 1525–1534.
- 11 Festel G.W. *Chem. Eng. Technol.*, 2008, 31, 5, p. 715–720.
- 12 Huber G.W., Corma A. *Chem. Rev.*, 2006, 106, 9, p. 4044–4098.
- 13 [http://agrogold.ru/bioetanol\\_proizvodstvo\\_bioetanol](http://agrogold.ru/bioetanol_proizvodstvo_bioetanol).

- 14 Linping S., Xinwen G., Min L., Xiangsheng W. *App. Catalysis A: General*, 2009, 355, 1–2, p. 184–191.
- 15 Dosumov K., Tungatarova S., Ergaziyeva G., Shayzadauly E. *Industry of Kazakhstan*, 2012, 4(73), p. 62–65.
- 16 Shapovalov Yu. *Industry of Kazakhstan*, 2011, 4(67), p. 64–67.
- 17 Uteulin K. *Industry of Kazakhstan*, 2008, 6(51); 2009, 1(52), p. 56–57.
- 18 Sakenov M. *Industry of Kazakhstan*, 2004, 3(24), p. 26–30.
- 19 Zhalgasuly N., Cherniy G., Kim V., Ismailova A. *Industry of Kazakhstan*, 2011, 2(65), p. 58–60.
- 20 Barlybayeva N. *Economy and statistics*, 2011, 1, p. 22–26.
- 21 Tasekeev M.S. *Achievements of biotechnology in oil and mining and metallurgical branch (survey research)*, Almaty: SC of STI, 2008, 100 p.
- 22 Vinarov A.Yu., Ipatova T.V. *Ecological systems and devices*, 2003, 10, p. 58–61.