Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 г. (ВЫДЕРЖКИ В ЧАСТИ БИО)

2. БИОТЕХНОЛОГИИ

По прогнозам международных организаций - Всемирного банка, ОЭСР, Еврокомиссии и др. - темпы роста рынков биотехнологической продукции будут неуклонно возрастать. Интенсивное развитие биотехнологий обусловлено не только успехами биохимии и молекулярной биологии, но и кризисом традиционных технологий (особенно на фоне новых трендов, прежде всего в области экологии и энергетики), необходимостью обеспечения продовольственной безопасности, сохранения ресурсного потенциала, увеличения продолжительности жизни населения, поддержания здорового генофонда нации.

Клеточные, геномные, постгеномные технологии послужат основой для противодействия распространению различных видов заболеваний человека и животных; получения биоматериалов из возобновляемого сырья для замещения традиционных производств (химических, пищевых, целлюлозно-бумажных и др.) и появления новых продуктов с уникальными свойствами; восстановления редких и исчезающих видов флоры и фауны; сохранения биоресурсов Мирового океана. Совершенствование методов биоорганической переработки отходов позволит решить проблему их захоронения и утилизации, снизив уровень загрязнения окружающей среды, с одновременным получением больших объемов биомассы для последующей промышленной переработки. Внедрение новых высокопродуктивных биообъектов и применение эффективных технологических режимов обеспечат значительную интенсификацию производственных процессов.

Перспективы развития данного приоритетного направления определяют следующие **вызовы**:

*В среднесрочном периоде:* рост объемов промышленных и бытовых отходов

*В долгосрочном периоде:*распространение скрытого голода (несбалансированное питание, недостаток необходимых витаминов и минералов); урбанизация и возрастающая нагрузка на окружающую среду; изменение климата и дефицит пригодных для сельского хозяйства земель и снижение их плодородия; обострение вопросов водной безопасности и рост дефицита пресной воды; потеря биоразнообразия; ужесточение требований к доступу и использованию генетических ресурсов.

Развитие приоритетного направления в средне- и долгосрочной перспективе определяется следующими **окнами возможностей**:

*В среднесрочном периоде:* развитие методов компьютерного моделирования структуры биомолекул и процессов в живых системах; развитие высокопроизводительных методов анализа геномов, транскриптомов, протеомов и метаболомов;развитие методов биоинформатики для обработки данных геномного, транскриптомного и протеомного анализа; развитие исследований в области биосинтетической и биокаталитической биологии; развитие исследований в области регуляции экспрессии генома; развитие технологий экологически безопасной переработки отходов, в том числе с получением ценных продуктов; увеличение эффективности сельскохозяйственной отрасли России и импортозамещения сельхозпродукции; распространение концепции здорового образа жизни.

*В долгосрочном периоде:*рост численности населения планеты; распространение технологий производства биопродуктов на основе молекулярной самосборки; развитие технологий синтетической биологии, метаболической инженерии и биоинженерии; развитие методов управления когнитивными функциями; внедрение технологий «умного» сельского хозяйства; развитие технологий альтернативной энергетики; разработка энергетических установок для транспортных средств, использующих альтернативные виды топлива; истощение дешевых запасов традиционных углеводородов; увеличение объемов использования возобновляемых источников энергии и потребностей в биотопливе; распространение генномодифицированных продуктов; рост спроса на продукты питания; переход в химии по ряду направлений от нефтехимического сырья к сырью из возобновляемых источников; экологизация экономики.

**Угрозы** для России в указанной сфере: низкая продуктивность сельскохозяйственного производства; критическое отставание научно-исследовательской и производственно-технологической базы в области биотехнологий; низкий спрос на разработки практического назначения; недостаточные инвестиции бизнеса в развитие биотехнологических производств; высокие барьеры входа на отечественный и мировой рынки биотехнологической продукции; риск превращения страны в сырьевую базу для мировых лидеров рынка биотехнологий; неоднозначное отношение в обществе к использованию генномодифицированных организмов; недостаток высококвалифицированных кадров, способных грамотно проводить исследования и управлять производственными биотехнологическими процессами; критическая зависимость от импорта технологий в ряде отраслей, использующих биотехнологическую продукцию (корма, ферменты, биомедицинская продукция и др.).

**Перспективные рынки, продукты и услуги**

В ближайшее время биотехнологии будут наиболее востребованы в сельском хозяйстве, пищевой промышленности и производстве биотоплива. Оценки степени распространения генномодифицированных организмов варьируются, что обусловлено неоднозначным отношением общества к подобной продукции.

Перспективные рынки и продуктовые группы:

Пищевые биопродукты: продукты с про-, пре- и синбиотическим действием (пребиотики, пробиотики, синбиотики; стартерные культуры; высококонцентрированные закваски); пищевой белок (белковые продукты из малоценных отходов; белковые продукты из побочных продуктов переработки из растительного и животного сырья; белковые продукты с улучшенными свойствами); специализированные пищевые продукты (добавки растительного или бактериального происхождения; заменители сахара (глюкозо-фруктозные сиропы); витамины, минеральные вещества; натуральные ароматизаторы и красители; ферменты и эмульгаторы; аминокислотные добавки; усилители вкуса; пищевые ингредиенты); функциональные пищевые продукты (продукты функционального лечебного питания; продукты детского питания; биологически активные добавки); пищевые продукты, полученные путем глубокой переработки отходов (натуральные ароматизаторы; красители; новые технологические добавки; заквасочные культуры; витамины; функциональные смеси).

Промышленные биопродукты: ферменты (промышленные ферменты и биокатализаторы; кормовые и пищевые ферменты); химические вещества, включая мономеры для биодеградируемых полимеров (органические кислоты, спирты, диолы, углеводороды); биологические средства защиты растений (биопестициды, биоинсектициды); средства для увеличения нефтедобычи; биопластики и биополимеры; микробиологические препараты для биоремедиации и биогеотехнологий;крупнотоннажные кормовые добавки (незаменимые аминокислоты; витамины; кормовой белок).

Биотехнологические системы охраны окружающей среды: средства переработки леса (средства для малоотходной переработки древесины, средства утилизации отходов лесопиления); очистные сооружения (организмы-биодеструкторы, средства очистки вод, грунтов и атмосферы с помощью метаболического потенциала биологических объектов; биодеграданты); экологически чистое жилье (технологии реализации "нулевого" безотходного жилья; биопозитивные строительные материалы (полностью вторично используемые в условиях биотехнологической обработки - новые сорта деревьев, шерсть, войлок, натуральные клен и каучук)); биоресурсные центры и биоколлекции (коллекции микроорганизмов, грибов, водорослей; коллекции клеток высших растений и животных).

Биотопливо и биоэнергетика: биотопливо и компоненты из биомассы (продукты пиролиза; биодизель, биоэтанол, биобутанол, биоэфиры; биометан, биоводород и присадки); энергетические продукты (биотопливные элементы, включая биоэлектрические, бионакопители энергии).

Биотехнологические продукты для использования в сельском хозяйстве: новыебиотехнологические сорта сельскохозяйственных растений; новые биотехнологические формы деревьев с заданными признаками; штаммы микроорганизмов и микробные консорциумы для создания симбиотических растительно-микробных сообществ, обеспечивающих питание растений минеральными веществами и их защиту от патогенов; растения и животные - "биофабрики" для получения биопродуктов промышленного и медицинского назначения; новые породы сельскохозяйственных животных; консерванты кормов и силосные закваски; сбалансированные комбикорма и премиксы; ветеринарные препараты.

Аквабиокультура: гидробионты как источник биомассы (новые породы и кроссы гидробионтов, устойчивые к неблагоприятным температурным режимам и обладающие высоким темпом роста и размножения; переработанные промысловые гидробионты и продукция аквакультур; клеточные линии морских организмов и микробных симбионтов, являющиеся продуцентами биологически активных соединений); продукты, полученные из гидробионтов (биологически активные соединения; биополимеры и новые материалы; функциональные пищевые продукты; биологическое сырье, полуфабрикаты, продукты потребления).

Биотехнологические системы и продукты для лесного сектора: средства воспроизводства и защиты леса: средства и методы сохранения и воспроизводства лесных генетических ресурсов; биотехнологические формы деревьев с заданными признаками; биологические средства защиты леса; продукты микробиологической конверсии (биоудобрения); биотехнологические средства управления лесонасаждениями (ДНК-маркирование.

**Перспективные направления научных исследований**

1. Научно-методическая база исследований в области биотехнологий:

*Заделы:* клеточные биотехнологии; геномные и постгеномные технологии.

*Возможность альянсов:* синтетическая биология; биосинтетические и биокаталитические биотехнологии

Ожидаемые результаты: новые методические подходы в области геномных и постгеномных технологий, системной, синтетической и структурной биологии, биоинженерии и биоинформатики.

2. Промышленные биотехнологии:

*Белые пятна:* новые технологии получения, выделения и очистки биопродуктов.

*Заделы:* новые технологии получения биоматериалов и продуктов тонкого и основного органического синтеза из возобновляемого сырья; ресурсная база промышленной биотехнологии; биогеотехнологии.

*Возможность альянсов:* биосинтетические процессы получения биологически активных соединений; новые технологии получения ферментов и их использованияв биокаталитических процессах.

Ожидаемые результаты: биотехнологии получения продуктов промышленного, сельскохозяйственного и медицинского назначения, включая традиционные (биологически активные соединения, продукты питания, корма для животных и др.), а также новые (рекомбинантные белки, биополимеры, продукты тонкого и основного органического синтеза, биоразлагаемые пластики), в т.ч.: процессы получения биологически активных соединений (аминокислот, антибиотиков, белковых и пептидных препаратов, антиоксидантов и др.), основанные на направленной модификации путей метаболизма организма-продуцента методами метаболической инженерии; новые способы получения химикатов, биоматериалов и продуктов органического синтеза из возобновляемого сырья для замещения традиционных химических производств и создания новых продуктов и материалов с уникальными свойствами, штаммы и ассоциации микроорганизмов-продуцентов; перспективные ферменты для использования в биокаталитических процессах, в т.ч. устойчивые к экстремальным условиям реальных биотехнологических процессов (высокой температуре, кислотности или щелочности, присутствию солей, органических растворителей и т.д.), искусственные белки с улучшенными функциональными характеристиками, полученные с помощью рационального дизайна и направленной эволюции; штаммы микроорганизмов - продуценты биологически активных веществ (биопестицидов, биоинсектицидов и др.) для создания биологических средств защиты растений; перспективные штаммы микроорганизмов и микробные ассоциации для использования в биогеотехнологических процессах и создания микробных источников электричества; опытные образцы новых источников непищевой биомассы с улучшенными характеристиками (быстрорастущие деревья и водные растения, микроводоросли и др.)для использования в качестве сырья, разработанные с использованием биотехнологий; биотехнологические процессы использования микроорганизмами газообразных субстратов, в том числе синтез-газа и CO2, на базе новых штаммов и принципов ферментации.

3. Сельскохозяйственныебиотехнологии:

*Белые пятна:* методы генетической паспортизации сортов и сертификации семенного и посадочного материалов.

*Заделы:* усовершенствование племенной работы путем использования методов генетической селекции сельскохозяйственных животных; создание баз данных, содержащих информацию о геноме пород сельскохозяйственных животных, для внедрения в племенную работу технологий клонирования и генетической паспортизации;технологии созданияинновационных лекарственных средств и кандидатные вакцины перорального применения для животных;новые молекулярно-генетические методы диагностики патогенов растений и животных, биологические средства борьбы с патогенами.

*Возможность альянсов:* технологии созданияновых высокопродуктивных, устойчивых к патогенам и неблагоприятным условиям окружающей среды сортов гибридов сельскохозяйственных растений, с использованием биотехнологий;технологии создания штаммов микроорганизмов и микробных консорциумов для создания симбиотических растительно-микробных сообществ, обеспечивающих питание растений минеральными веществами и их защиту от патогенов;биотехнологические процессы получения биопродуктов промышленного и медицинского назначения в растениях.

Ожидаемые результаты: повышение эффективности сельскохозяйственного производства за счет современных методов управления генетическими ресурсами сельскохозяйственных растений, животных и микроорганизмов; инновационные биологические средства защиты растений и повышения их продуктивности; новые биопродукты промышленного и медицинского назначения, созданные с использованием растений и животных - биофабрик.

4. Экологические биотехнологии:

*Белые пятна:* экологически безопасные биоциды для защиты технических объектов от организмов-деструкторов.

*Заделы:* новые методики очистки вод, грунтов и воздуха с использованием эффективных организмов - биоремедиаторов.

*Возможность альянсов:* новые верифицированные методики биотестирования и биоиндикации с повышенной чувствительностью и селективностью для определения загрязнений в окружающей среде, штаммы организмов-биосенсоров.

Ожидаемые результаты: системы мониторинга загрязнения окружающей среды на основе биотехнологий; восстановление экосистем с использованием живых организмов - биодеструкторов; защита материалов и технических объектов от биоповреждений и биокоррозии.

5. Пищевые биотехнологии:

*Белые пятна:* технологии пищевого белка.

*Заделы:* обеспечение безопасности пищевых продуктов; биотехнологические подходы к производству пробиотиков, пребиотиков, синбиотиков, заквасок и пищевых ингредиентов; функциональные и специализированные пищевые продукты; переработка пищевого сырья и отходов.

Ожидаемые результаты: системы оценки безопасности новых и традиционных источников пищи и ее ингредиентов, методов переработки пищевого сырья, функциональных пищевых продуктов, продуктов детского питания, диетических, лечебных, продуктов с пониженной аллергенностью, биологически активных добавок к пище, в т.ч.: экспериментальные образцы приборов для высокочувствительного экспрессного определения загрязняющих веществ (ксенобиотиков, грибных и бактериальных токсинов, пестицидов, ветеринарных препаратов и т.д.) в пищевых продуктах и сырье; методы контроля аутентичности пищевых продуктов, основанные на определении специфических биологических макромолекул (нуклеиновых кислот, белков и др.); образцы новых пробиотиков, пребиотиков, синбиотиков, заквасок и пищевых ингредиентов, новые штаммы молочнокислых и других технологических микроорганизмов, микробные консорциумы с заданными биологическими свойствами и оптимизированными технологическими характеристиками; биотехнологические процессы получения биологически активных веществ, полезных белковых продуктов и ингредиентов из отходов и малоценных продуктов переработки сырья растительного и животного происхождения.

6. Лесные биотехнологии:

*Белые пятна:* микробиологические средства защиты леса от вредителей и патогенов.

*Заделы:* создание новых сортов древесных растений с улучшенными характеристиками (структурой древесины, устойчивостью к фитопатогенам, скоростью роста и др.) с использованием биотехнологий; перспективные биотехнологические процессы комплексной переработки древесной биомассы и ее отдельных компонентов.

Ожидаемые результаты: новые формы древесных растений с заданными признаками, посадочный материал; методы оценки качества семенного материала, мониторинга фитосанитарного состояния питомников и лесных насаждений; методы глубокой переработки древесины и утилизации отходов лесопиления; современная система управления лесонасаждениями (с привлечением методов ДНК-маркирования); биологические средства защиты леса.

7. Аквабиокультура:

*Белые пятна:* идентификация новых практически ценных биомолекул гидробионтов (ферментов, белков и пептидов, вторичных метаболитов, полисахаридов, из бактерий, архей, водорослей, жирных кислот и липидов водорослей) с использованием геномных и постгеномных технологий, методы получения биополимеров и новых материалов из гидробионтов; методы молекулярной селекции гидробионтов для получения высокопродуктивных объектов аквакультуры.

*Заделы:* Методы культивирования клеточных линий морских организмов и микробных симбионтов - продуцентов биологически активных соединений; методы культивирования ценных пород рыб.

Ожидаемые результаты: эффективные продукты из гидробионтов Мирового океана и внутренних водоемов (рыб, моллюсков, ракообразных, иглокожих, водорослей, микроорганизмов); системы комплексной переработки гидробионтов и производство на их основе востребованной продукции пищевого, кормового, ветеринарного и медицинского назначения.