



Министерство образования и науки
Российской Федерации

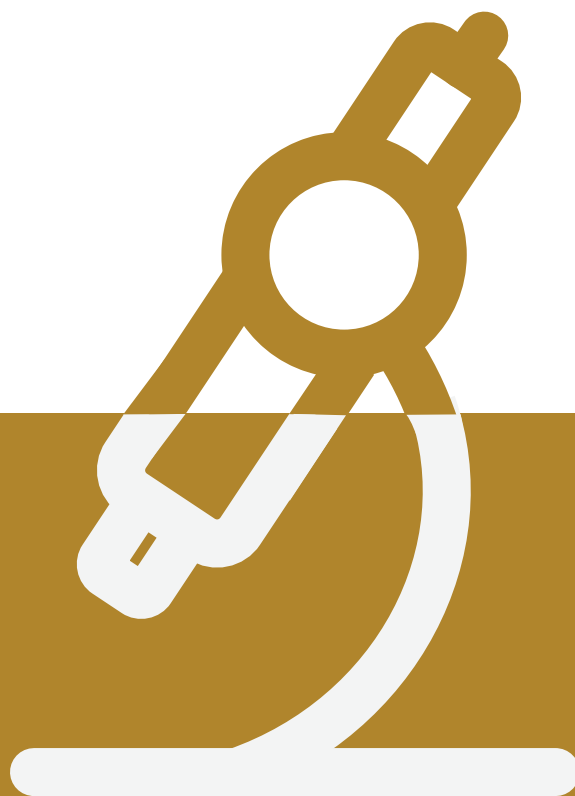


ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



Институт статистических исследований
и экономики знаний

Прогноз научно-технологического развития России: 2030



Биотехнологии



prognoz2030.hse.ru



Министерство образования и науки
Российской Федерации

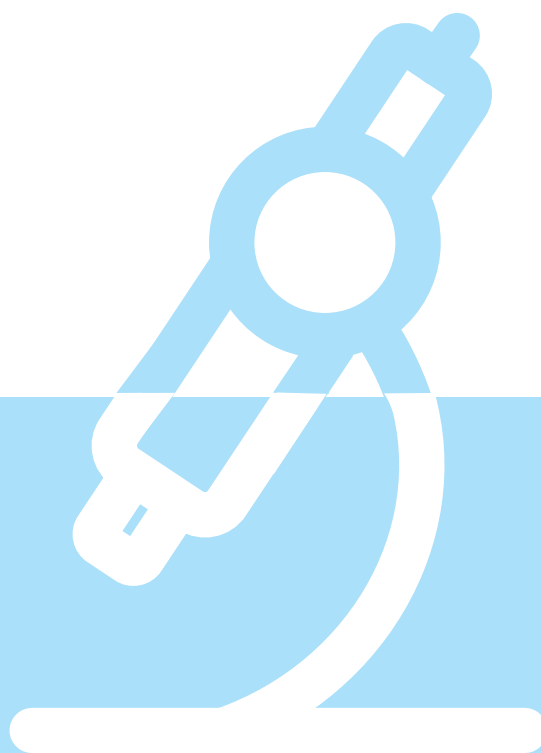


ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



Институт статистических исследований
и экономики знаний

Прогноз научно-технологического развития России: **2030**



Биотехнологии

Москва 2014

УДК 60-043.86
ББК 65.5-5
П78

Авторы:

А.Ю. Гребенюк, М.П. Кирпичников, Л.Ю. Матич, В.О. Попов,
Н.В. Равин, К.Г. Скрыбин, А.В. Соколов, А.А. Чулок

*Авторский коллектив выражает искреннюю благодарность
за значительный вклад в экспертизу представленных в докладе материалов:
М.Ю. Бебурову, А.Г. Габирову, А.А. Макарову, В.А. Ткачуку.*

Прогноз научно-технологического развития России: 2030. Биотехнологии / под. ред. Л.М. Гохберга,
П78 М.П. Кирпичникова. – Москва : Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный
исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2014. – 48 с.
ISBN 978-5-906737-05-2

Работа выполнена Национальным исследовательским университетом «Высшая школа экономики» по заказу Министерства образования и науки Российской Федерации.

Цель долгосрочного Прогноза научно-технологического развития на период до 2030 года – определение наиболее перспективных для России областей развития науки и технологий, обеспечивающих реализацию конкурентных преимуществ страны. Итоговые рекомендации прошли широкое обсуждение с привлечением значительного числа российских и зарубежных экспертов, которые принимали участие в определении и оценке глобальных вызовов и окон возможностей, инновационных рынков, радикальных продуктов и технологий, выборе приоритетных областей научных исследований и их верификации.

В рамках разработки прогноза сформирована сеть отраслевых центров научно-технологического прогнозирования, включающая ведущие научные организации, вузы и инновационные компании из 40 регионов России.

Выполненная работа была сфокусирована на семи приоритетных направлениях развития науки и технологий. В данной публикации представлены материалы по приоритетному направлению «Биотехнологии».

В докладе использованы материалы следующих организаций:

- Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»;
- Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова;
- Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»;
- отраслевого центра научно-технологического прогнозирования на базе Сибирского государственного медицинского университета;
- технологических платформ («БиоТех2030», «Медицина будущего» и др.).

Приведенные в докладе материалы представляют практический интерес для органов государственного управления, компаний, научных организаций, вузов, технологических платформ, инновационных территориальных кластеров и других заинтересованных организаций.

*Издание подготовлено при поддержке Программы «Фонд развития прикладных исследований
Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».*

УДК 60-043.86
ББК 65.5-5

ISBN 978-5-906737-05-2

© Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», 2014
При перепечатке ссылка обязательна

Содержание

Аббревиатуры.....	4
Введение	5
Методические комментарии.....	12
1. Вызовы и окна возможностей.....	13
2. Перспективные рынки, продукты и услуги	17
3. Перспективные направления научных исследований.....	23
3.1. Научно-методическая база исследований в области биотехнологий	24
3.2. Промышленные биотехнологии	26
3.3. Агробиотехнологии	30
3.4. Экологические биотехнологии	34
3.5. Пищевые биотехнологии	36
3.6. Лесные биотехнологии	38
3.7. Аквабиокультура	40
Список литературы	42

Аббревиатуры

ДНК	Дезоксирибонуклеиновая кислота
ЕС	Европейский союз
ИиР	Исследования и разработки
ИКТ	Информационно-коммуникационные технологии
НИУ ВШЭ	Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
ОПЕК	Организация стран – экспортеров нефти (Organization of the Petroleum Exporting Countries – OPEC)
ОЭСР	Организация экономического сотрудничества и развития
ПНТР	Прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 г.
РНК	Рибонуклеиновая кислота
ЮНИДО	Организация Объединенных Наций по промышленному развитию (United Nations Industrial Development Organization – UNIDO)

«Сейчас завершается разработка долгосрочного прогноза научно-технологического развития России до 2030 года. Выделены конкретные направления как для подъема традиционных секторов, так и для прорыва на рынке высоких технологий...»

В.В. Путин

Послание Президента Российской Федерации
Федеральному Собранию Российской Федерации,
12 декабря 2012 г.

.....
«Прогноз должен послужить основой для разработки стратегий и инновационных программ крупнейших российских компаний ... Прогноз носит не только индикативный характер... – это прогноз, на основе которого готовятся планы».

Д.А. Медведев

Совещание с вице-премьерами,
20 января 2014 г.

Введение

В январе 2014 г. Председателем Правительства Российской Федерации был утвержден долгосрочный Прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 г. (ПНТР)¹. Доклад, содержащий его детальные результаты, был согласован с заинтересованными министерствами и ведомствами (Минкомсвязи России, Минздравом России, Минтрансом России, Минфином России, Минэкономразвития России, Минпромторгом России, Минприроды России, Минэнерго России, Роскосмосом), Российской академией наук и одобрен на заседании Межведомственной комиссии по технологическому прогнозированию президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России² 17 декабря 2013 г. Значение ПНТР для определения стратегических перспектив социально-экономического и научно-технологического развития страны отмечено в послании Президента Российской Федерации Федеральному Собранию 12 декабря 2012 г. [Послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию, 2012], а также Председателем Правительства Российской Федерации на совещании с вице-премьерами 20 января 2014 г. [Совещание с вице-премьерами, 2014].

В настоящем докладе представлены подробные результаты ПНТР по приоритетному направлению «Биотехнологии».

Разработка ПНТР осуществлялась на фоне серьезных изменений, происходящих в последние годы в отечественной экономике (в частности, в сфере науки и инноваций), и связанных с этим преобразований научно-технической и инновационной политики, расширения круга ее субъектов и спектра используемых инструментов.

¹ Резолюция № ДМ-П8-5 от 3 января 2014 г.

² Создана решением президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации и инновационному развитию России от 28 июня 2013 г. (протокол № 1) во исполнение Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 596 «О долгосрочной государственной экономической политике» (абзац 2 подпункта «д» пункта 2).



Одна из первоочередных задач, стоящих перед Россией, – поиск новых источников экономического роста, который невозможен без масштабной модернизации традиционных секторов экономики на базе современных технологий, а также создания новых производств, обеспечивающих выход на формирующиеся высокотехнологические рынки. Перевод российской экономики на инновационные рельсы предполагает опережающую динамику высокотехнологичных отраслей промышленности и сферы услуг и радикальное повышение их конкурентоспособности, что требует дальнейшего совершенствования научно-технической и инновационной политики, повышения качества ее информационного и методического обеспечения, усиления доказательной базы³.

Указанный комплекс задач предопределил *основную цель разработки ПНТР – выявление наиболее перспективных для России областей развития науки и технологий, обеспечивающих реализацию конкурентных преимуществ страны*. Для ее достижения в течение последних лет осуществляется системная работа, связанная с проведением комплекса Форсайт-исследований.

Первым крупным проектом национального уровня стал долгосрочный прогноз научно-технологического развития России на период до 2025 г., инициированный в 2007 г. Минобрнауки России. Он охватывал три крупных блока: макроэкономический прогноз российской экономики; прогноз сферы науки и технологий по приоритетным направлениям и отраслевой прогноз, содержащий варианты технологического развития ключевых секторов экономики. Центральным элементом проекта стало проведение масштабного опроса экспертов с использованием метода Дельфи. На его основе были выделены более 800 технологий в 10 перспективных направлениях научно-технологического развития, а затем осуществлен опрос 100 крупнейших компаний с целью анализа текущего и перспективного спроса на эти технологии.

На следующем этапе научно-технологического прогнозирования (2009–2010 гг.) был обобщен опыт зарубежных и международных прогнозов в социально-экономической и научно-технологической сферах, на базе которого выполнены оценки будущего глобальной экономики и отдельных крупных мировых рынков с учетом ожидаемых последствий финансово-экономического кризиса. Полученные результаты легли в основу макроэкономического прогноза российской экономики, а также вариантного прогноза технологического развития ряда секторов. Были определены группы перспективных технологий и продуктов, отвечающие приоритетам технологической модернизации страны.

В 2013 г. завершилась работа по формированию ПНТР, в рамках которой были получены следующие основные результаты:

- выделены тренды, оказывающие максимальное влияние на сферу науки и технологий, и порождаемые ими вызовы долгосрочного развития экономики, науки и общества в глобальном и национальном контекстах;
- для семи приоритетных направлений развития науки и технологий («Информационно-коммуникационные технологии»; «Биотехнологии»; «Медицина и здравоохранение»; «Новые материалы и нанотехнологии»; «Рациональное природопользование»; «Транспортные и космические системы»; «Энергоэффективность и энергосбережение»):
 - на основе выявленных трендов определены угрозы и окна возможностей для России;
 - идентифицированы перспективные рынки, продуктовые группы и потенциальные области спроса на российские инновационные технологии и разработки;
 - составлено детальное описание приоритетных тематических областей развития науки и технологий и сформулированы более 1000 первоочередных задач науч-

³ Данная проблематика находилась в центре внимания Экспертной группы № 5 «Переход от стимулирования инноваций к росту на их основе», созданной в соответствии с поручением Председателя Правительства Российской Федерации В.В. Путина № ВП – П13-209 от 19 января 2011 г. для подготовки рекомендаций по актуальным проблемам стратегии социально-экономического развития страны на период до 2020 г.

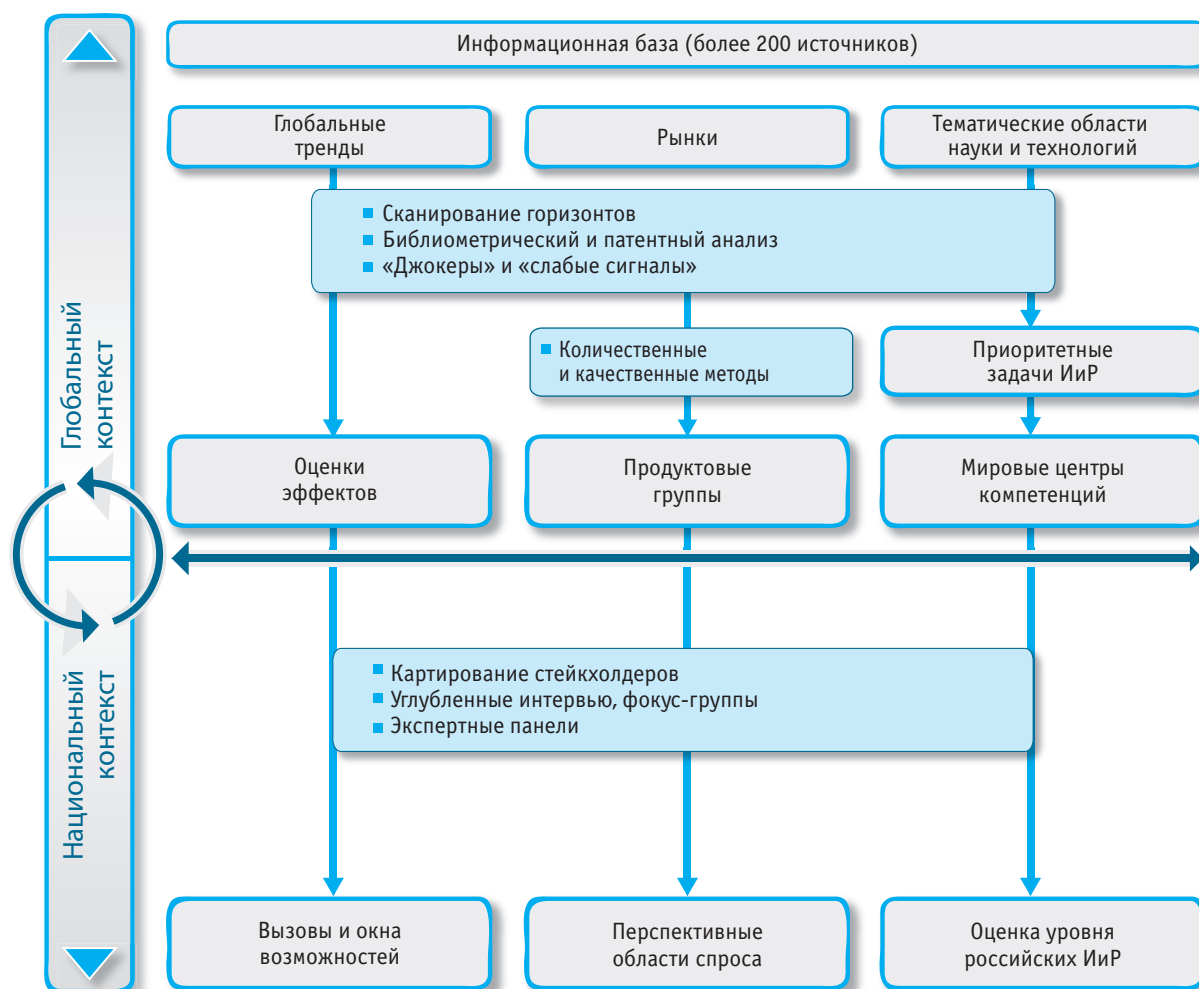


- ных исследований и разработок, реализация которых необходима для появления выделенных групп инновационных продуктов и услуг;
- дана оценка состояния отечественных исследований в этих областях: выявлены «белые пятна», а также зоны паритета и лидерства, которые могут стать основой для интеграции в международные альянсы, позиционирования нашей страны как центра глобального технологического развития;
 - подготовлены рекомендации, направленные на активизацию использования результатов ПНТР в практике научно-технической и инновационной политики, в том числе при формировании, корректировке и реализации государственных программ Российской Федерации, включая федеральные целевые программы научно-технологической направленности.

Организация и методология выполнения работ

Настоящее исследование отличается от предшествующих работ по долгосрочному прогнозированию более сложной структурой, а также глубиной проработки общей концепции. Схема организации разработки ПНТР представлена на рис. 1.

Рис. 1. Организация разработки долгосрочного Прогноза научно-технологического развития России на период до 2030 года



Источник: НИУ ВШЭ.



При формировании ПНТР был применен широкий спектр современных инструментов Форсайта, которые, с одной стороны, в наибольшей степени адаптированы к российской специфике, с другой – подтвердили свою эффективность в международной практике. В ходе разработки прогноза была реализована интеграция нормативного («market pull») и исследовательского («technology push») подходов к прогнозированию. Нормативный подход носил проблемно-ориентированный (рыночный) характер: для выбранных научно-технологических направлений сначала определялись ключевые вызовы и окна возможностей, затем – соответствующие решения в терминах «пакетов технологий» либо иных ответов. Исследовательский подход был нацелен на идентификацию перспективных продуктов и прорывных технологий, способных коренным образом изменить существующие экономическую, социальную и производственную парадигмы. Рекомендации ПНТР формировались одновременно с трех позиций: науки, бизнеса и органов управления, – что позволило в рамках диалога с различными группами бенефициаров не только выявить перспективные области исследований и разработок, но и понять, кто и каким образом сможет воспользоваться результатами их развития.

В качестве инструментов прогнозирования использовались как уже ставшие традиционными методы (выбор приоритетов, построение образов будущего, дорожные карты, анализ глобальных вызовов), так и достаточно новые подходы (сканирование горизонтов, «слабые сигналы» (weak signals), «джокеры» (wild cards)⁴ и др.).

Данные, полученные в ходе экспертного опроса и глубинных интервью, были уточнены в соответствии с материалами организаций – участников сети отраслевых центров прогнозирования научно-технологического развития на базе ведущих российских вузов по шести приоритетным направлениям.

Источники информации для подготовки прогноза

В основу исследования были положены более 200 материалов, среди которых:

- аналитические исследования и прогнозы международных организаций (ОЭСР, Европейской комиссии, ООН, ЮНИДО, Всемирного банка, ОПЕК и др.);
- национальные прогнозы науки и технологий (Великобритании, Германии, Франции, США, Японии, Республики Корея, Китая, Бразилии, ЮАР, Финляндии, Нидерландов, Тайваня и др.);
- прогнозы крупных корпораций, а также ряда международных профессиональных ассоциаций;
- материалы ведущих зарубежных Форсайт-центров (RAND Corporation, Института перспективных технологических исследований ЕС, Университета Манчестера, Национального института научно-технической политики Японии, Бизнес-школы Телфера Университета Оттавы, Корейского института оценивания и планирования науки и технологий, Технологического университета Джорджии, Института политики и менеджмента Китайской академии наук, Австрийского института технологий и др.);
- российские прогнозы в сфере науки и технологий, в том числе реализованные по заказам Минобрнауки России;
- документы стратегического характера, отражающие долгосрочные перспективы развития российской экономики и ее отдельных секторов (Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года,

⁴ События, характеризующиеся низкой вероятностью наступления, но высоким потенциальным эффектом воздействия (возможно, негативным), способные привести к неожиданной траектории развития будущего.



Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года, стратегии развития отраслей, программы инновационного развития компаний и др.);

- базы данных патентных служб (Роспатента, патентного ведомства США – USPTO, Европейского патентного ведомства – EPO, Всемирной организации интеллектуальной собственности – WIPO и др.);
- базы данных международных журналов (ISI Web of Knowledge компании Thomson Reuters, Scopus компании Elsevier, Российский индекс научного цитирования и др.).

Инфраструктура прогноза

В ходе реализации ПНТР на базе созданных в ведущих вузах отраслевых центров научно-технического прогнозирования была сформирована экспертная сеть, охватывающая более 200 организаций (научных центров, вузов, компаний реального сектора и др.) и свыше 2000 экспертов, выбор которых проводился на базе специально разработанных процедур и критериев. К экспертам предъявлялись жесткие квалификационные требования: наличие публикаций с высоким индексом цитирования, патентов, участие в крупных научных мероприятиях, известность в профессиональной среде и т.п. В качестве экспертов-практиков к разработке прогноза были привлечены представители инновационных компаний, инжиниринговых центров, маркетинговых организаций, организаций – потребителей и поставщиков (распространителей) инновационной продукции и др. Таким образом были сформированы рабочие группы экспертов высшего уровня по важнейшим направлениям развития науки и технологий (более 120 ведущих российских и зарубежных ученых) и расширенные рабочие группы, включающие представителей науки, государства, бизнеса, экспертного сообщества, общей численностью свыше 800 человек.

Среди иностранных специалистов, принимавших участие в подготовке прогноза, – представители международных организаций, крупных университетов и исследовательских центров, а также руководители научных лабораторий, организованных в рамках реализации грантов Правительства Российской Федерации, выделяемых на конкурсной основе для государственной поддержки научных исследований, проводимых в российских вузах и НИИ. Кроме того, была сформирована специальная группа зарубежных экспертов, задачами которой стали обсуждение методологии проводимых исследований и валидация полученных результатов. В ее состав вошли более 100 специалистов из ОЭСР, ЮНИДО, крупнейших мировых Форсайт-центров (из Великобритании, США, Канады, Японии, Республики Корея, Германии, Франции и др.).

Обсуждение и валидация результатов прогноза

Результаты прогноза обсуждались на международных и российских форумах с участием ведущих мировых ученых и специалистов, в числе которых:

- Future-oriented Technology Analysis (май 2011 г., Севилья);
- Foresight and Science, Technology and Innovation Policies: Best Practices (Форсайт и научно-техническая и инновационная политика: лучший опыт), (октябрь 2011 г., Москва);
- International Research Conference on Foresight and Futures (август 2011 г., Стамбул);
- Knowledge Intensive Service Businesses (октябрь 2011 г., Карлсруэ);
- XIII Апрельская международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества (апрель 2012 г., Москва);
- Innovative Methods for Innovation Management (май 2012 г., Пекин);



- R&D Management Conference (май 2012 г., Гренобль);
- Bromley Memorial Lecture and Event on Science Technology Innovation Policy (май 2012 г., Оттава);
- 2012 STEPI International Symposium (май 2012 г., Сеул);
- OECD Innovation Policy Platform (июнь 2012 г., Париж);
- Foresight for Innovative Responses to Grand Challenges (Форсайт: инновационные ответы на глобальные вызовы), (октябрь 2012 г., Москва);
- XIV Апрельская международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества (апрель 2013 г., Москва);
- Creating Markets from Research Results (май 2013 г., Мюнхен);
- R&D Management (июнь 2013 г., Манчестер);
- Global Research and Social Innovation: Transforming Futures (21-я конференция Всемирной федерации исследований будущего), (июнь 2013 г., Бухарест);
- ISPIM 2013: Innovating in Global Markets: Challenges for Sustainable Growth (июнь 2013 г., Хельсинки);
- Долгосрочный прогноз научно-технологического развития России: направления практического использования результатов (сентябрь 2013 г., Москва);
- Форсайт и научно-техническая и инновационная политика (октябрь 2013 г., Москва);
- Оценка эффектов форсайт-исследований в России и Европейском Союзе (январь 2014 г., Москва) и др.

Использование результатов прогноза

ПНТР является важной составляющей системы технологического прогнозирования, ориентированной на обеспечение перспективных потребностей обрабатывающего сектора экономики, с учетом развития ключевых производственных технологий, созданной согласно Указу Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 596 «О долгосрочной государственной экономической политике» (абзац 2 подпункта «д» пункта 2). На состоявшемся 4 октября 2013 г. заседании Межведомственной комиссии, посвященном результатам ПНТР, был утвержден План мероприятий по обеспечению использования результатов долгосрочного Прогноза научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года при корректировке документов государственных программ Российской Федерации научно-технологической направленности, а также приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации. Данный план предполагает проведение серии организационно-методических, экспертно-аналитических и информационных мероприятий.

Отдельные результаты ПНТР были использованы при:

- разработке Прогноза долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года⁵;
- подготовке государственной программы «Развитие науки и технологий» на период до 2020 года⁶;
- корректировке прогнозных параметров «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» до 2035 года и формировании целевого видения развития российской энергетики на период до 2050 года;
- подготовке проекта доклада Президенту Российской Федерации по вопросу формирования перечня приоритетных научных задач, решение которых требует использо-

⁵ Утвержден Правительством Российской Федерации 25 марта 2013 г.

⁶ Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 декабря 2012 г. № 2433-р.



вания возможностей федеральных центров коллективного пользования научным оборудованием⁷;

- проведении отраслевых Форсайтов и разработке соответствующих дорожных карт (развития космической навигации, авиационной науки и технологий, судостроения, нефтехимии, биотехнологий и генной инженерии, производства композиционных материалов и др.);
- формировании программ развития инновационных территориальных кластеров, стратегических программ исследований технологических платформ, программ инновационного развития ряда российских компаний.

Результаты ПНТР могут быть использованы:

- заинтересованными федеральными органами исполнительной власти – при формировании, корректировке и реализации государственных программ Российской Федерации; федеральных целевых программ научно-технологической направленности, включая планы и детальные планы-графики их реализации; приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации; перечня критических технологий Российской Федерации; отраслевых документов государственного стратегического планирования, включая отраслевые критические технологии;
- государственными корпорациями научно-технологического профиля, имеющими длительный горизонт планирования (ОАО «ОАК», «Ростех», «Росатом» и др.), – для формирования программ инновационного развития; институтами Российской академии наук – для формирования планов исследований;
- научным сообществом – для определения востребованных направлений научных исследований, а также продвижения имеющихся научно-технологических решений через создаваемые в рамках долгосрочного прогноза коммуникационные площадки;
- бизнес-сообществом – для формирования стратегий развития предприятий и инвестиционных проектов, связанных с технологической модернизацией;
- технологическими платформами – при формировании, корректировке и реализации стратегических программ исследований;
- институтами развития, ориентированными на поддержку инноваций (Банк развития и внешнеэкономической деятельности, ОАО «Российская венчурная компания», ОАО «РОСНАНО»), – для формирования долгосрочных планов;
- инновационными территориальными кластерами – при формировании, корректировке и реализации стратегий средне- и долгосрочного развития.

Согласно проекту федерального закона «О государственном стратегическом планировании» прогноз должен разрабатываться на регулярной основе во взаимосвязке с другими документами государственного стратегического планирования и с целью формирования системы научно обоснованных представлений о направлениях и ожидаемых результатах научно-технологического развития страны.

* * *

В настоящем издании, посвященном приоритетному направлению развития науки и технологий «Биотехнологии», приводится детальная информация о глобальных трендах, вызовах и окнах возможностей в рассматриваемой сфере, возникающих угрозах и степени их влияния на Россию. Представлен анализ важнейших перспективных рыночных ниш, продуктов и услуг, способных оказать радикальное влияние на динамику мировых и внутренних рынков, с указанием их потребительских свойств. Рассмотрены перспективные области научных исследований, приведена сравнительная оценка их уровня в России и странах-лидерах.

⁷ Письмо Минобрнауки России № МОН-П-119 от 17 января 2014 г.

Методические комментарии

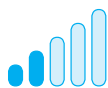
Для выбора приоритетов прикладной науки, направленных на создание научно-технологических заделов, применялся ряд критериев. К приоритетным были отнесены исследования, которые:

- могут привести к появлению в долгосрочной перспективе новых рынков или рыночных ниш, продуктов с новыми свойствами, инновационных услуг;
- носят междисциплинарный, межотраслевой характер;
- позволят ответить на вызовы, стоящие перед приоритетным направлением;
- способствуют формированию технологической платформы будущей экономики и общества;
- способны решить ключевые научные проблемы в рассматриваемом направлении, создать задел на будущее.

Для каждой тематической области была дана оценка уровня российских исследований по следующей шкале:



«белые пятна» – существенное отставание от мирового уровня, отсутствие (или утрата) научных школ;



«заделы» – наличие базовых знаний, компетенций, инфраструктуры, которые могут быть использованы для форсированного развития соответствующих направлений исследований;



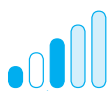
«возможность альянсов» – наличие отдельных конкурентоспособных коллективов, осуществляющих исследования на высоком уровне и способных на равных сотрудничать с мировыми лидерами;



«паритет» – уровень российских исследований не уступает мировому;



«лидерство» – российские исследователи являются лидерами на мировом уровне;



оценки экспертов находятся в диапазоне между несколькими значениями.



ВЫЗОВЫ И ОКНА ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Биотехнологии наряду с нанотехнологиями и ИКТ являются одним из наиболее значимых и быстроразвивающихся «горизонтальных» технологических направлений. По прогнозам ведущих 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. Наличие серьезных научных заделов и опытных разработок даст возможность уже в ближайшие годы существенно расширить масштабы использования биотехнологий для массового производства продукции с новыми свойствами.

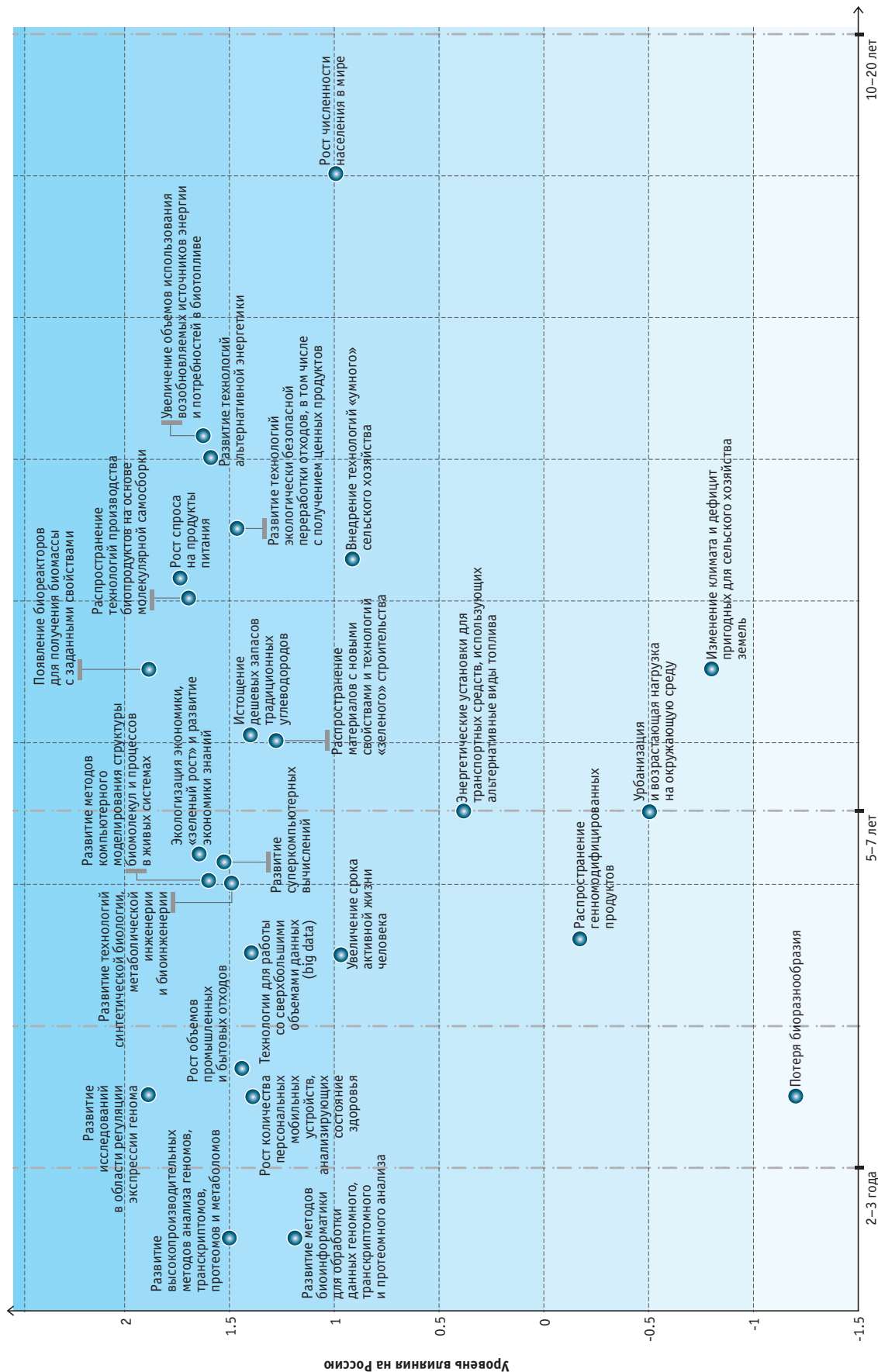
Разработка различных видов биотоплива внесет вклад в диверсификацию топливно-энергетического баланса, снижение выбросов парниковых газов. Клеточные, геномные, постгеномные технологии послужат основой для противодействия распространению различных видов заболеваний человека и животных; получения биоматериалов из возобновляемого сырья, предназначенных 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. Благодаря развитию современных технологий селекции новых сортов сельскохозяйственных растений и пород животных с улучшенными свойствами будет налажено производство достаточного количества продуктов питания высокого качества со сбалансированным содержанием полезных веществ и витаминов.

Порождаемые глобальными трендами вызовы и окна возможностей, определяющие перспективы развития приоритетного направления «Биотехнологии», представлены на рис. 2.

Распространение генно-модифицированной (трансгенной) продукции вызывает неоднозначное отношение общества и государства, в первую очередь из-за отсутствия объективной информации о ее влиянии на организм человека и окружающую среду в долгосрочном периоде и порождаемых этим рисках. В то же время развитие данного направления может служить серьезным импульсом к созданию пищевых и технических культур с улучшенными



Рис. 2. Биотехнологии: вызовы и окна возможностей



Источник: НИУ ВШЭ.



или принципиально новыми свойствами и зачастую с более низкой себестоимостью. В результате можно ожидать заметного роста сельскохозяйственного производства, а также вовлечения в аграрную деятельность регионов, ранее в ней не задействованных вследствие неблагоприятных климатических условий.

Истощение дешевых запасов углеводов детерминирует развитие биотехнологий, позволяющих повысить эффективность добычи и переработки сырья, что в конечном итоге приведет к более активной разработке новых труднодоступных месторождений с меньшей себестоимостью и большей отдачей. Обладая обширными сельскохозяйственными угодьями и значительными объемами отходов сельского хозяйства, пищевой и лесной промышленности (250 млн т концентрированных сельскохозяйственных и 50 млн т лесных отходов ежегодно), Россия может стать одним из сильнейших игроков на мировом рынке крупнотоннажной биотехнологической продукции из возобновляемого сырья, в том числе биотоплива, при условии эффективной организации научных исследований, достаточных инвестиций в разработку технологий и инфраструктуру, осуществления необходимых институциональных преобразований.

Появление *биореакторов для получения биомассы с заданными свойствами* обеспечит возможность создания технологий производства рекомбинантных продуктов для пищевой промышленности, сельского хозяйства и энергетики, это позволит освоить выпуск новых биотехнологических продуктов в промышленных масштабах. Актуальность развития данного направления обусловлена растущим спросом на продукцию глубокой биотехнологической переработки биомассы различного происхождения. Особенно востребованными окажутся биотопливо (биодизель, горючий газ, жидкие углеводороды, твердые продукты пиролиза), а также базовые химикаты (органические кислоты, спирты, эфиры, диолы и др.), в том числе используемые для производства биопластиков.

Конвергенция ИКТ, нано- и биотехнологий может стать импульсом к *развитию «умного» сельского хозяйства* (диагностикумы, биодатчики, характеризующие состояние растений, оптимизирующие биоустройства, биороботы и т.д.). Внедрение новых технологий позволит, с одной стороны, повысить эффективность использования сельскохозяйственных земель, с другой – предотвратить эрозии, вымывание питательных веществ, сохранить структуру почвы, снизить негативное влияние деятельности человека на окружающую среду в целом.


Рост численности населения планеты, которое, по оценке ООН, к 2050 г. превысит 9 млрд чел., откроет новые возможности для экспорта российских сельскохозяйственных биотехнологий и биопродуктов. Потребители с высоким уровнем дохода будут предъявлять спрос на экологически чистые продукты питания. Лидерами же по производству и потреблению станут быстроразвивающиеся страны, прежде всего Китай и Индия. При этом контроль безопасности и качества в этой сфере призваны обеспечить развитые государства.

Прогресс технологий хранения, обработки и передачи больших объемов данных (*технологии для работы со сверхбольшими данными (big data)*), производство и поддержка функционирования суперкомпьютеров, суперкомпьютерные вычисления, развитие новых методов компьютерного моделирования материалов и процессов) имеет серьезное значение для исследований в области геномики, синтетической биологии и биоинженерии (в первую очередь – для расшифровки и анализа геномов, а в будущем – и для математического моделирования процессов, происходящих в живых организмах). Создание сверхпроизводительных вычислительных систем будет способствовать интенсивному развитию молекулярной биологии (ускорению процессов моделирования структур и динамики макромолекул).



Экспертами отмечены следующие **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 мировой рынок биотехнологической продукции;
- риск превращения страны в сырьевую базу для мировых лидеров рынка биотехнологий.



ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РЫНКИ, ПРОДУКТЫ И УСЛУГИ

Биотехнологии активно применяются на рынках биофармацевтических и медицинских средств, позволяя создавать биodeградируемые материалы, диагностикумы, импланты, жизненно важные лекарственные препараты, клеточные линии и др. Эти и другие перспективные рынки биотехнологий были рассмотрены в рамках прогноза.

Перспективные рынки для приоритетного направления «Биотехнологии»⁸:

- промышленные биопродукты;
- биотехнологические продукты сельского хозяйства;
- биотопливо и биоэнергетика;
- пищевые биопродукты;
- биологические системы окружающей среды;
- биотехнологические системы и продукты для лесного сектора;
- аквабиоккультура.

Как показывает анализ, в ближайшее время биотехнологии будут наиболее востребованы в сельском хозяйстве, пищевой промышленности, производстве химикатов и биотоплива. При этом оценки возможного распространения генно-модифицированных организмов варьируются, что обусловлено, как уже отмечалось, неоднозначным отношением общества к подобной продукции.

Для каждого из перечисленных выше рынков были определены инновационные продукты и услуги, которые в массовых масштабах появятся в период до 2030 г. (табл. 1).

В области биотехнологий степень радикальности характеризуется появлением у продуктов новых свойств, кратным увеличением их технико-экономических показателей и, как следствие, кардинальной трансформацией рынков и возникновением возможностей решения глобальных проблем и ответа на возникающие вызовы. Инновационные продукты и услуги, способные оказать радикальное влияние на мировые рынки в перспективе до 2030 г., отображены на рис. 3.

В краткосрочной перспективе *новые сорта растений и породы сельскохозяйственных животных* могут быть получены с применением молекулярных маркеров в селекционной работе, технологии удвоенных гаплоидов, генетической инженерии и др. Ожидается, что сорта и гибриды растений следующего поколения будут характеризоваться высоким содержанием питательных веществ, повышенными продуктивностью (увеличенным размером плодов, сокращенным временем созревания) и/или пользой, устойчивостью к болезням, вредителям и неблагоприятным условиям среды. Развитие технологий геномной селекции

⁸ Перспективные рынки и инновационные продукты биотехнологий в сфере медицины и фармацевтики более подробно рассмотрены в докладе: Прогноз научно-технологического развития России: 2030. Медицина и здравоохранение / под ред. Л.М. Гохберга, Л.М. Огородовой. – М.: Минобрнауки России, НИУ ВШЭ, 2014.



Табл. 1. Перспективные рынки и продуктовые группы приоритетного направления «Биотехнологии»

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Промышленные биопродукты	<p>Крупнотоннажные кормовые добавки:</p> <ul style="list-style-type: none"> – незаменимые аминокислоты – витамины – кормовой белок <p>Ферменты:</p> <ul style="list-style-type: none"> – промышленные ферменты и биокатализаторы – кормовые и пищевые ферменты <p>Химикаты, включая мономеры для биodeградируемых полимеров:</p> <ul style="list-style-type: none"> – органические кислоты, спирты, диолы – углеводороды <p>Биологические средства защиты растений (био-пестициды, биоинсектициды)</p> <p>Полисахариды и другие средства для увеличения нефтедобычи</p>	<p>Возможность создания новых продуктов с уникальными свойствами</p> <p>Ускорение каталитических процессов</p> <p>Замедление нежелательных процессов</p> <p>Возможность ликвидации последствий загрязнения окружающей среды</p> <p>Сниженные издержки на установку и эксплуатацию</p> <p>Расширенный ассортимент, создающий возможность для персонализации потребления</p> <p>Экологичность и замкнутый цикл производства</p> <p>Повышенная устойчивость к экстремальным условиям реальных биопроцессов (высокой температуре, кислотным или щелочным условиям, присутствию солей, органических растворителей и т.д.)</p>
Биотехнологические продукты сельского хозяйства	<p>Новые сорта сельскохозяйственных растений</p> <p>Новые биотехнологические формы деревьев с заданными признаками</p> <p>Штаммы микроорганизмов и микробные консорциумы, предназначенные для создания симбиотических растительно-микробных сообществ, обеспечивающих питание растений минеральными веществами и их защиту от патогенов</p> <p>Растения и животные – биофабрики для получения биопродуктов промышленного и медицинского назначения</p> <p>Новые породы сельскохозяйственных животных</p> <p>Консерванты кормов и силосные закваски</p> <p>Сбалансированные комбикорма и премиксы</p>	<p>Высокая урожайность/продуктивность</p> <p>Повышенная устойчивость к патогенным и неблагоприятным условиям окружающей среды</p> <p>Сниженная способность накапливать гербициды и пестициды</p> <p>Увеличенные сроки хранения</p> <p>Повышенный уровень протеина</p> <p>Улучшенные вкусовые качества</p> <p>Сбалансированность питательных веществ, витаминов, аминокислот и др.</p>
Биотопливо и биоэнергетика	<p>Биотопливо и компоненты из биомассы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – продукты пиролиза (бионефть, биогаз) – биодизель, биоэтанол, биобутанол, биоэфиры – биометан, биоводород и присадки <p>Энергетические продукты:</p> <ul style="list-style-type: none"> – биотопливные элементы, включая биоэлектрические, бионакопители энергии 	<p>Улучшенные потребительские свойства</p> <p>Возобновляемость</p> <p>Экологичность</p>



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Пищевые биопродукты	<p>Заменители сахара (глюкозо-фруктозные сиропы, сорбит)</p> <p>Продукты пробиотического, пребиотического и синбиотического действия:</p> <ul style="list-style-type: none">– пребиотики, пробиотики, синбиотики– стартерные культуры– высококонцентрированные закваски <p>Пищевой белок:</p> <ul style="list-style-type: none">– белковые продукты из малоценных отходов– белковые продукты из побочных продуктов переработки растительного и животного сырья– белковые продукты с улучшенными свойствами <p>Специализированные пищевые продукты:</p> <ul style="list-style-type: none">– добавки растительного или бактериального происхождения– витамины, минеральные вещества– натуральные ароматизаторы и красители– ферменты и эмульгаторы– аминокислотные добавки– усилители вкуса– пищевые ингредиенты <p>Функциональные пищевые продукты:</p> <ul style="list-style-type: none">– продукты функционального лечебного питания (продукты профилактического питания, специализированного назначения, с пониженным содержанием жира, сахара, органического производства)– продукты детского питания– биологически активные добавки <p>Пищевые продукты, полученные путем глубокой переработки отходов:</p> <ul style="list-style-type: none">– натуральные ароматизаторы– красители– новые технологические добавки (ферменты и эмульгаторы)– заквасочные культуры– витамины– функциональные смеси	<p>Безопасность</p> <p>Удобство применения</p> <p>Возможность профилактики и лечения болезней</p> <p>Персонализация</p> <p>Повышенная питательная ценность</p> <p>Экономическая целесообразность извлечения из широкого класса сырьевых продуктов и отходов</p> <p>Улучшение здоровья человека</p> <p>Увеличенные сроки хранения</p> <p>Сбалансированность питательных веществ, витаминов, аминокислот и др.</p> <p>Устойчивость к воздействию агрессивной окружающей среды</p>

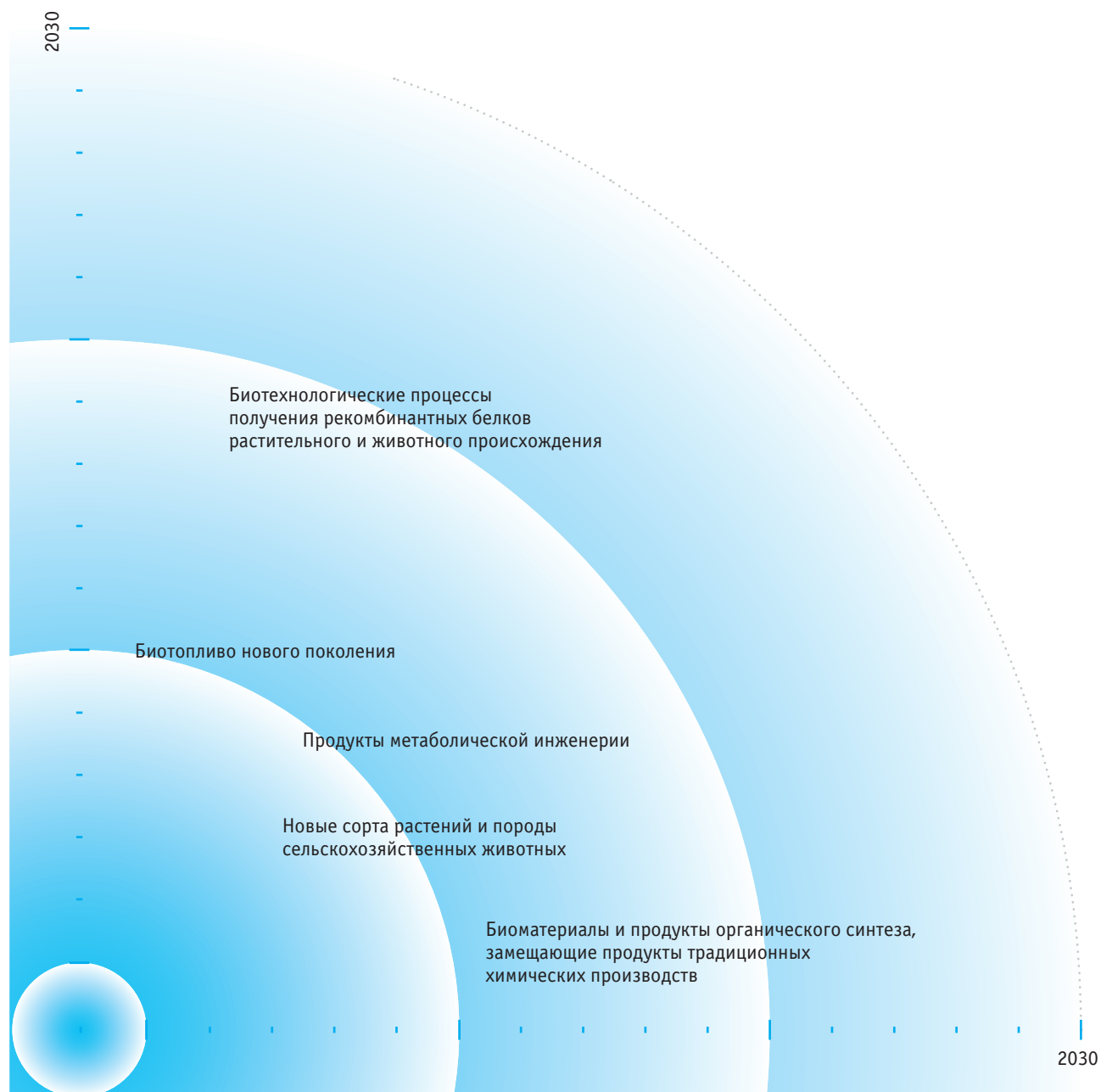


(окончание)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Биотехнологические системы охраны окружающей среды	<p>Средства переработки леса:</p> <ul style="list-style-type: none"> – средства для малоотходной переработки древесины – средства утилизации отходов лесопиления <p>Очистные сооружения (средства очистки и переработки отходов):</p> <ul style="list-style-type: none"> – организмы-биодеструкторы – средства очистки вод, грунтов и атмосферы с помощью метаболического потенциала биологических объектов – биодеграданты <p>Экологически чистое жилье:</p> <ul style="list-style-type: none"> – технологии реализации «нулевого», безотходного жилья – биопозитивные строительные материалы (полностью вторично используемые в условиях биотехнологической обработки): древесина, шерсть, войлок, натуральные клеи и каучук <p>Биоресурсные центры и биоколлекции:</p> <ul style="list-style-type: none"> – коллекции микроорганизмов, грибов, водорослей – коллекции клеток высших растений и животных 	<p>Экологичность</p> <p>Высокая продуктивность</p> <p>Высокая эффективность</p> <p>Возможность переработки и утилизации отходов</p> <p>Возобновляемость</p>
Биотехнологические системы и продукты для лесного сектора	<p>Средства воспроизводства и защиты леса:</p> <ul style="list-style-type: none"> – средства и методы сохранения и воспроизводства лесных генетических ресурсов – биотехнологические формы деревьев с заданными признаками – биологические средства защиты леса – продукты микробиологической конверсии (биоудобрения) 	<p>Возможность снижения природоохранных издержек</p> <p>Возможность увеличения скорости воспроизводства лесных насаждений</p> <p>Сохранение биоразнообразия</p>
Аквабиокультура	<p>Гидробионты как источник биомассы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 <p>Продукты, полученные из гидробионтов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – биологически активные соединения – биополимеры и новые материалы – функциональные пищевые продукты – биологическое сырье, полуфабрикаты, продукты потребления 	<p>Снижение природоохранных издержек</p> <p>Повышенная пищевая ценность</p> <p>Увеличенные сроки хранения</p> <p>Улучшенные вкусовые качества</p> <p>Повышенный уровень протеина</p> <p>Сбалансированность питательных веществ, витаминов, аминокислот и др.</p> <p>Повышенная устойчивость к воздействию агрессивной окружающей среды</p> <p>Доступность</p> <p>Возобновляемость</p> <p>Экологичность</p> <p>Биологическая активность</p>



Рис. 3. Инновационные продукты и услуги, оказывающие радикальное влияние на динамику мировых рынков в приоритетном направлении «Биотехнологии»



позволит вывести новые, более качественные породы сельскохозяйственных животных (например, по уровню жирности мяса) с ускоренным ростом, что, в свою очередь, будет способствовать рациональному использованию кормов. Внедрение в практику новых продуктов приведет к повышению эффективности сельскохозяйственного производства и снижению потерь урожая.

Эффективные технологии получения *биотоплива* (в том числе моторного) обеспечат экономию невозобновляемых запасов ископаемых углеводородов, дадут возможность значительно расширить исходную ресурсную базу экономики, сократить выбросы парниковых



газов и – в конечном счете – негативное влияние энергетики на климат планеты. К основным направлениям развития биоэнергетических технологий относятся повышение энергетической эффективности биопреобразования углекислого газа в моторное топливо, снижение стоимости биотоплива, расширение сырьевой базы для его получения (в частности, разработка технологий конверсии лигноцеллюлозы), повышение качества (стабильности, экологической чистоты).

Биотехнологические процессы получения биоматериалов и продуктов органического синтеза из возобновляемого сырья, предназначенные для замещения традиционных химических производств и создания новых продуктов и материалов с уникальными свойствами, предполагают разработку новых штаммов микроорганизмов, осуществляющих эти процессы, а также развитие технологий выработки биосинтетических мономеров и методов их полимеризации. Замена химических производств биотехнологическими процессами получения материалов и продуктов органического синтеза из возобновляемого сырья позволит создать продукцию высокой степени чистоты (в том числе оптически чистые органические вещества для синтеза лекарств) и снизить стоимость ее разработки. Биоматериалы нового типа будут обладать широким спектром применения за счет особых характеристик. Часть из них (например, биопластики) приобретут способность к биодegradации, а это, в свою очередь, даст импульс к разработке новых биодegradируемых материалов для медицинского и промышленного применения.

Биотехнологические процессы получения биологически активных соединений, основанные на направленной модификации путей метаболизма организма-продуцента методами метаболической инженерии, интенсифицируют производство аминокислот, витаминов, антибиотиков, ферментов, рекомбинантных белков и др. Значительно более высокая эффективность новых методов метаболической инженерии и биоинженерии по сравнению с традиционными способами (случайным мутагенезом и др.) приводит к снижению стоимости продукта и тем самым обеспечивает условия для его массового применения в различных отраслях.

Биотехнологические процессы получения рекомбинантных белков промышленного (ферменты, биополимеры и т.п.) и медицинского (вакцины, антитела, ферменты) назначения в растениях и животных – биофабриках выгодно отличаются по эффективности и себестоимости от известных технологий, основанных на использовании культур клеток микроорганизмов или животных. В качестве наиболее перспективных можно отметить технологии получения рекомбинантных белков в растениях с использованием вирусных систем, а также в молоке трансгенных животных.

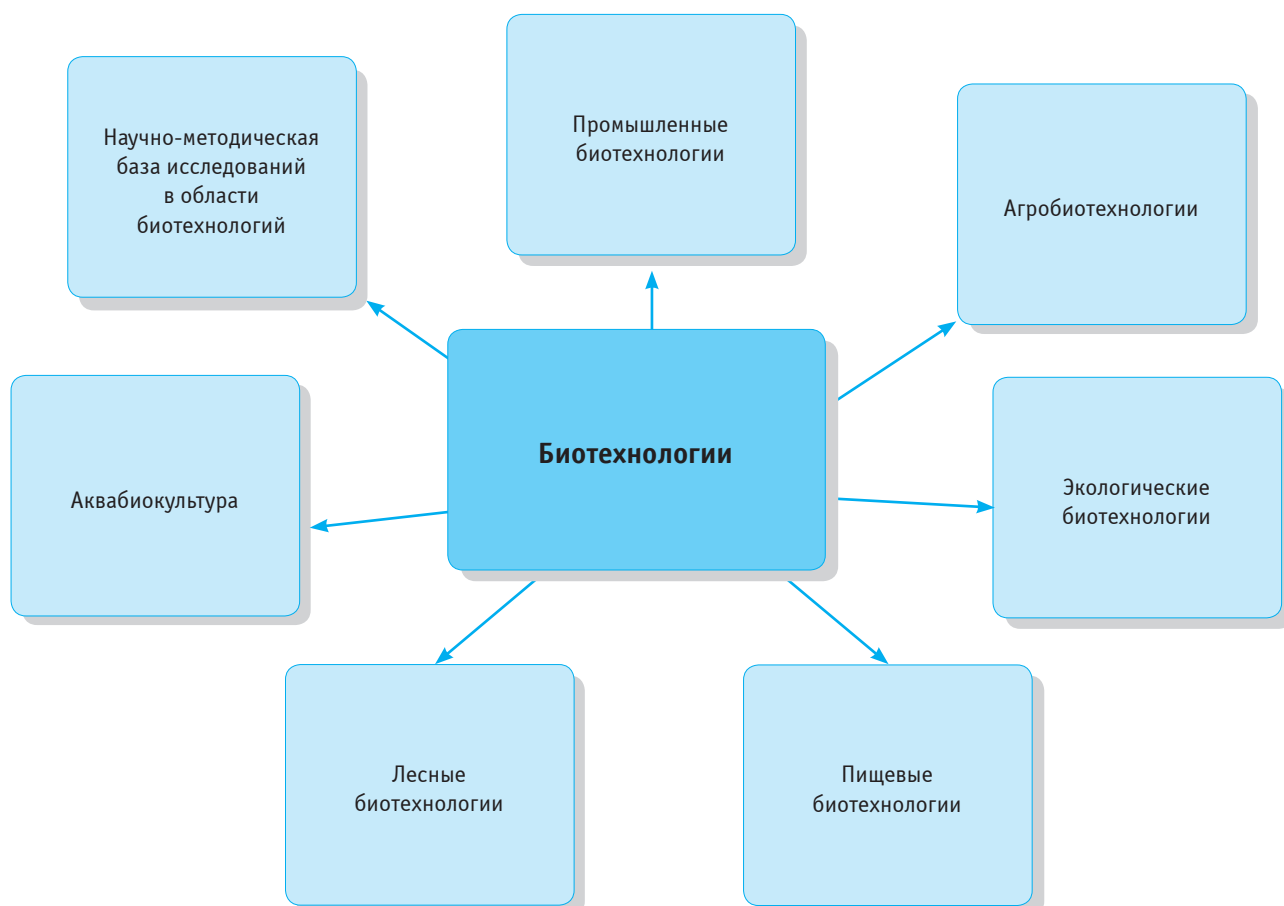
Передовые позиции в разработке радикальных инновационных продуктов и услуг принадлежат ученым из США, Европы и Японии. В частности, в США активно развивается область генетической инженерии растений. Исследования, направленные на создание биотехнологических сортов без использования трансгенеза и биотехнологических процессов получения рекомбинантных белков в растениях и животных, развиваются более интенсивно в европейских странах. Биотехнологии производства новых видов моторного топлива являются предметом изучения многих научных организаций, университетов и компаний во всем мире. Уровень российских исследований по большинству радикальных биотехнологических продуктов серьезно уступает мировому, однако существует ряд отечественных разработок, востребованных за рубежом (например, генно-инженерные штаммы – продуценты аминокислот и витаминов).

3 ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Возможность распространения рассмотренных инновационных продуктов во многом зависит от уровня научно-технологических заделов, роль которых заметно повышается в последние годы. В качестве наиболее перспективных для России экспертами были выделены семь тематических областей прикладных исследований (рис. 4).

Для реализации описанных выше эффектов развития биотехнологий и занятия значимых ниш на перспективных рынках необходимо существенно повысить уровень компетенций отечественных разработчиков, который в настоящее время очень неоднороден. К числу наиболее передовых областей прикладных исследований экспертами отнесены высокопроизводительные методы анализа геномов, транскриптомов, протеомов и метаболомов;

Рис. 4. Тематические области приоритетного направления «Биотехнологии»





системная и структурная биология; работы по созданию штаммов микроорганизмов и микробных консорциумов для продуцирования симбиотических растительно-микробных сообществ. В то же время по ряду других направлений, таких как биотехнологические процессы получения биоматериалов и продуктов тонкого и основного органического синтеза из возобновляемого сырья; методы генетической паспортизации сортов и сертификации семян растений; разработка экологически безопасных биоцидов, несмотря на наличие научных заделов, достигнутый уровень исследований остается недостаточным.

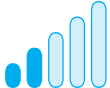

Ниже приведены приоритетные направления научных исследований и их ожидаемые результаты на период до 2030 г. в разрезе укрупненных тематических областей.

3.1. Научно-методическая база исследований в области биотехнологий

Ожидаемые результаты заделных исследований:

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

Табл. 2. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Научно-методическая база исследований в области биотехнологий»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Высокопроизводительные методы анализа геномов, транскриптомов, протеомов и метаболомов		<p>Разработка многопараметрических методов анализа (чиповых технологий)</p> <p>Развитие методов высокопроизводительного секвенирования</p> <p>Разработка методов биоинформатики для обработки данных геномного, транскриптомного и протеомного анализа</p> <p>Разработка методов сравнительной геномики и протеомики</p> <p>Создание высокопроизводительных роботизированных систем скрининга</p>
Системная и структурная биология		<p>Исследование структур макромолекул и их комплексов, клеточных органелл, элементов цитоскелета на разных уровнях организации клетки</p> <p>Исследование механизмов организации межклеточных взаимодействий у многоклеточных организмов, в органах и тканях</p> <p>Моделирование <i>in silico</i> структуры биомолекул и процессов, происходящих в живых системах, их анализ <i>in vitro</i> с использованием биохимических и биофизических подходов</p> <p>Анализ регуляторных элементов ДНК и эпигенетических факторов, обеспечивающих регуляцию экспрессии генов в клетках высших организмов и прокариот</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Синтетическая биология, метаболическая инженерия и биоинженерия		<p>Разработка методологии метаболической инженерии, системной и синтетической биологии</p> <p>Разработка методов модификации метаболических путей клетки и создания в клетках микроорганизмов биосинтетических путей, не встречающихся в природе</p> <p>Формирование моделей для создания синтетической клетки</p> <p>Разработка методов генетической инженерии и системы экспрессии для биотехнологически значимых микроорганизмов</p> <p>Испытание методов обратной генетики, в том числе трансгенеза и мутагенеза, на лабораторных животных</p> <p>Исследование систем экспрессии в клетках эукариот, в том числе новых векторов для генной терапии</p> <p>Регуляция экспрессии генов с использованием РНК-интерференции и родственных ей механизмов</p> <p>Прижизненная визуализация биологических структур и процессов в живых системах</p> <p>Управление биологическими процессами с помощью света и других электромагнитных полей</p>
Иммунобиотехнологии		<p>Разработка прототипов биологически активных комплексов и сенсоров, основанных на моноклональных антителах</p> <p>Разработка новых методов иммуноскрининга</p> <p>Разработка новых средств иммунопрофилактики на основе технологий биоинженерии и методов коррекции иммунного ответа</p> <p>Исследование адаптивного иммунитета</p>
Клеточные биотехнологии		<p>Разработка методов идентификации и оценки эффективности ингибиторов онкологических и инфекционных заболеваний в культурах клеток</p> <p>Разработка средств предупреждения и ингибирования опухолевого роста, основанных на технологиях биоинженерии</p> <p>Разработка биотехнологических методов адресной доставки биологически активных веществ в органы и ткани</p>
Исследование природного биоразнообразия		<p>Исследование микроорганизмов, не культивируемых в лабораторных условиях</p> <p>Анализ метагеномов микробных сообществ</p>

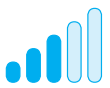


3.2. Промышленные биотехнологии

Ожидаемые результаты задельных исследований:

- 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 том числе:
 - реализованные на лабораторном уровне процессы получения биологически активных соединений (аминокислот, витаминов, антибиотиков, белковых и пептидных препаратов и др.), основанные на направленной модификации путей метаболизма организма-продуцента методами метаболической инженерии;
 - новые способы получения химикатов, биоматериалов и других продуктов органического синтеза из возобновляемого сырья, предназначенные 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 том числе 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 (био-пестицидов, биоинсектицидов и др.) для создания биологических средств защиты растений;
 - перспективные штаммы микроорганизмов и микробные ассоциации для использования в биогеотехнологических процессах 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 применением биотехнологий;
 - биотехнологические процессы использования микроорганизмами газообразных субстратов, в том числе синтез-газа и CO_2 , на базе новых штаммов и принципов ферментации.

Табл. 3. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Промышленные биотехнологии»

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Биосинтетические процессы получения биологически активных соединений		<p>Секвенирование и аннотация геномов микроорганизмов, в первую очередь промышленно значимых</p> <p>Скрининг и исследование микроорганизмов с биотехнологически значимыми свойствами</p> <p>Исследование регуляции метаболических путей, включая измерение потоков углерода и активности ключевых ферментных систем</p>



(продолжение)

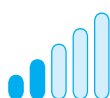
Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Исследование общих систем регуляции микробной клетки (молекулярная физиология) на основе анализа транскриптома, протеома и метаболома</p> <p>Развитие генетики промышленных микроорганизмов – продуцентов аминокислот, витаминов, токсинов, антибиотиков и других биологически активных соединений; разработка научно-методической базы, обеспечивающей направленное изменение метаболизма микроорганизмов с целью достижения сверхсинтеза клеточных метаболитов, обладающих высоким рыночным потенциалом (создание клеточных фабрик)</p> <p>Разработка методологии интеграции генетического материала в геномы микроорганизмов</p> <p>Создание кассет, обеспечивающих регулирующую экспрессию генов на различных уровнях</p> <p>Создание научно-технологического задела в области биосинтеза биологически активных клеточных метаболитов</p> <p>Создание нового поколения штаммов – продуцентов аминокислот, витаминов, ферментов</p> <p>Разработка методов управляемого культивирования штаммов-продуцентов</p> <p>Исследование возможности создания в клетках микроорганизмов биосинтетических путей, не встречающихся в природе (de novo), методами синтетической биологии</p> <p>Конструирование штаммов с измененными или созданными de novo метаболическими путями, обеспечивающими синтез биопродуктов</p>
Ферменты и их использование в биокаталитических процессах		<p>Скрининг ферментов с заданными характеристиками в природных популяциях и коллекциях, а также поиск ферментов в базах данных</p> <p>Исследование механизмов биокатализа, выявление физико-химических закономерностей, лежащих в основе ускорения химических реакций биокатализаторами</p> <p>Разработка искусственных катализаторов, использующих принципы биокатализа</p> <p>Исследование пространственной структуры биокатализаторов методами структурной биологии (рентгеноструктурный анализ, ядерно-магнитный резонанс и др.) и компьютерного моделирования</p> <p>Направленная эволюция ферментов и их рациональный дизайн методами направленного мутагенеза с целью улучшения их характеристик: повышения активности, стабильности, изменения специфичности и др.</p>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Создание рекомбинантных ферментов с улучшенными технологическими свойствами, в том числе осуществляющих несколько последовательных реакций</p> <p>Исследование механизмов секреции ферментов из клеток микроорганизмов и оптимизация этих процессов</p> <p>Разработка новых методов выделения и очистки биокатализаторов, их иммобилизации и стабилизации, использования в нетрадиционных и неводных средах</p> <p>Создание высокоактивных штаммов – продуцентов наиболее востребованных технических, кормовых и пищевых ферментов: целлюлаз, бета-глюканаз, ксиланаз, гемицеллюлаз, фитаз, пектиназ, амилаз, липаз, протеаз, нитрилгидратаз и др.</p> <p>Разработка биокатализаторов (оксидоредуктазы, лигазы, синтазы и др.), используемых для создания сенсорных устройств, для получения синтонов в процессах тонкого органического синтеза и т.д.</p> <p>Поиск ферментов, устойчивых к экстремальным условиям реальных биотехнологических процессов (высокой температуре, кислотности или щелочности, присутствию солей, органических растворителей и т.д.)</p> <p>Использование высокопроизводительного скрининга для поиска мутантных вариантов ферментов с уникальными каталитическими свойствами, конструирование штаммов методами генетической инженерии, рационального дизайна и направленной эволюции ферментов</p> <p>Разработка методов управляемого культивирования штаммов для достижения максимального урожая биомассы с высоким уровнем активности</p> <p>Создание готовых форм ферментных препаратов для последующего применения в различных областях</p>

Процессы получения биоматериалов и продуктов тонкого и основного органического синтеза из возобновляемого сырья



Разработка подходов к новым процессам биосинтеза при экстремальных условиях (высокой или низкой температуре, кислотности и др.) для получения промышленно значимых биопродуктов

Создание высокопродуктивных штаммов микроорганизмов, синтезирующих полимеры или мономеры, для дальнейшего получения полимеров, пригодных для изготовления изделий, разлагающихся в условиях окружающей среды без образования вредных продуктов

Создание научно-технологического задела и разработка технологий получения биоматериалов и продуктов тонкого и основного органического синтеза из возобновляемого сырья, а также их выделения и очистки



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Ресурсная база промышленной биотехнологии		<p>Диверсификация источников возобновляемой биомассы для использования в биотехнологических производствах и процессах улучшения качества возобновляемого (растительного) сырья (к перспективным источникам биомассы следует отнести быстрорастущие растения, одноклеточные водоросли, растения с измененной структурой клеточной стенки, сельскохозяйственные и муниципальные отходы и т.д.; новым сырьем для промышленной биотехнологии является синтез-газ, в который может быть конвертирована любая биомасса путем пиролиза)</p> <p>Поиск и создание методами селекции и генетической инженерии новых разновидностей и сортов (биотехнологических/биоэнергетических) растений и водорослей, используемых в качестве сырья для биотехнологических процессов</p> <p>Разработка методов микробиологической трансформации синтез-газа</p> <p>Разработка методов культивирования, сбора, предобработки и биотрансформации возобновляемой биомассы (быстрорастущие растения, водоросли и т.д.)</p> <p>Разработка новых методов увеличения биодоступности (предобработки) лигноцеллюлозного сырья, утилизации и трансформации лигнина</p> <p>Разработка технологий использования сельскохозяйственных и бытовых (муниципальных) отходов в качестве сырья для получения биотехнологических продуктов с высокой добавленной стоимостью</p>
Новые технологии получения, выделения и очистки биопродуктов		<p>Моделирование процессов разделения в сложных многокомпонентных биотехнологических средах</p> <p>Разработка новых материалов (мембранных, хроматографических и др.), используемых в процессах сепарации и очистки</p> <p>Разработка непрерывных методов разделения, выделения и очистки биопродуктов</p> <p>Масштабирование процессов разделения, выделения и очистки, разработка технологий, процессов и аппаратов для использования в биотехнологическом производстве</p>
Биогеотехнологии		<p>Исследование метаболизма штаммов микроорганизмов, структуры и динамики микробных сообществ и консорциумов, используемых в биогеотехнологических процессах</p> <p>Моделирование физико-химических и биологических процессов, происходящих в микробных сообществах и окружающей среде, для целей и задач биогеотехнологии</p> <p>Поиск новых перспективных микроорганизмов для целей биогеотехнологии</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка биотехнологических методов интенсификации процессов извлечения металлов из руд, рудных концентратов и горных пород</p> <p>Разработка микробиологических методов удаления нежелательных примесей из добываемых полезных ископаемых</p> <p>Разработка методов увеличения нефтеотдачи пластов</p> <p>Разработка биотехнологических методов борьбы с коррозией трубопроводов различного назначения</p> <p>Разработка технологий снижения загазованности метаном угольных шахт</p>

3.3. Агробиотехнологии

Ожидаемые результаты заделных исследований:

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

Табл. 4. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Агробиотехнологии»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Создание новых высокопродуктивных, устойчивых к патогенам и неблагоприятным условиям окружающей среды сортов и гибридов сельскохозяйственных растений с использованием биотехнологий</p>		<p>Идентификация генов и исследование молекулярно-генетических механизмов, обуславливающих хозяйственно ценные признаки растений (устойчивость к стрессовым факторам, в том числе фитопатогенам, высокое качество урожая), а также поиск маркеров различных патогенов</p> <p>Расшифровка геномов важнейших сельскохозяйственных растений</p> <p>Разработка методов получения высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных растений с использованием новейших технологий производства исходного гомозиготного и рекомбинантного материала, генетических маркеров в селекции, генетической инженерии растений</p>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка методов трансформации и эффективных способов доставки, а также конструкций, обеспечивающих экспрессию гетерологичного генетического материала</p> <p>Разработка методов гаплоидии и получения в короткие сроки гомозиготных исходных линий</p>
<p>Усовершенствование племенной работы путем использования методов геномной селекции сельскохозяйственных животных; создание баз данных, содержащих информацию о геноме пород сельскохозяйственных животных, для внедрения в племенную работу технологий клонирования и генетической паспортизации</p>		<p>Анализ геномов, идентификация генов-кандидатов локусов полезных количественных признаков, исследование молекулярных механизмов формирования продуктивности животных</p> <p>Разработка методологии молекулярной селекции и технологий выделения и поддержания биологического материала как формы сохранения уникальных генотипов и генетических ресурсов</p> <p>Идентификация и исследование селекционно значимых полиморфизмов, ассоциированных с количественными и качественными показателями продуктивности</p> <p>Разработка методов генетической паспортизации и диагностических тест-систем, позволяющих определять на геномном уровне племенную ценность животных</p> <p>Разработка способов тиражирования выдающихся генотипов путем клонирования</p> <p>Разработка методологии направленного изменения генома индивидуумов с целью создания новых селекционных форм и расширения спектра производимой продукции</p> <p>Разработка технологии создания животных – продуцентов рекомбинантных белков (в молоке и т.п.)</p> <p>Создание новых пород животных с помощью молекулярных технологий, систем управления генетическим потенциалом продуктивности и качества продукции животноводства и птицеводства</p>
<p>Методы генетической паспортизации сортов и сертификации семян растений</p>		<p>Разработка методов генетической паспортизации сортов сельскохозяйственных растений, основанных на использовании молекулярных маркеров сортов</p> <p>Разработка методов сертификации семян, включающих молекулярную идентификацию сорта и детекцию потенциальных загрязнений (патогенов и др.)</p>
<p>Прототипы инновационных лекарственных средств и кандидатные вакцины перорального применения для животных</p>		<p>Анализ геномов возбудителей особо опасных болезней продуктивных животных</p> <p>Исследование эволюции и путей распространения инфекционных агентов по результатам филогенетического анализа их изолятов</p>



(продолжение)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Конструирование ДНК-вакцин, содержащих одновременно фрагменты ДНК нескольких штаммов различных возбудителей, разработка способов их применения</p> <p>Создание принципиально новых профилактических и лечебных препаратов на основе исследования молекулярных механизмов патогенности вирусов и бактерий, их иммунорегуляторного репертуара</p> <p>Создание тест-систем, обеспечивающих высокопроизводительный приборный учет исследуемых проб органов и тканей животных на наличие возбудителей наиболее опасных для животноводства и птицеводства заболеваний</p> <p>Создание рекомбинантных вакцин против возбудителей инфекционных заболеваний животных и разработка технологий их получения</p> <p>Использование моно- и биспецифических моноклональных антител в серодиагностике</p> <p>Создание систем селективной очистки и концентрирования возбудителей инфекционных болезней в объектах ветеринарного надзора</p> <p>Исследование новых адъювантов и иммуностимуляторов</p> <p>Совершенствование методов оценки применения противобактериальных и противовирусных препаратов</p> <p>Совершенствование вакцин перорального применения для массовой вакцинации животных</p>
<p>Новые молекулярно-генетические методы диагностики патогенов растений и животных, биологические средства борьбы с патогенами</p>		<p>Поиск и исследование маркеров устойчивости растений к патогенам</p> <p>Расшифровка геномов важнейших фитопатогенов, актуальных для сельского хозяйства России</p> <p>Разработка тест-систем для детекции карантинных патогенов на всех этапах производства сельскохозяйственных растений: от пробирочных до полевых</p> <p>Разработка высокоточных молекулярно-генетических методов диагностики вредных организмов и конструирования новых биологических агентов для защиты растений</p> <p>Разработка полифункциональных биологических препаратов на основе ассоциаций полезных микроорганизмов и рекомбинантных микроорганизмов – продуцентов препаратов для защиты растений</p>

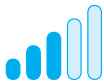


(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Поиск новых токсинов полипептидной природы с селективным действием на насекомых – вредителей сельскохозяйственных культур</p> <p>Клонирование генов селективных инсектотоксинов и получение их продуцентов на основе бактерий</p> <p>Разработка технологий получения и применения экологически безопасных биологических средств защиты растений от вредителей, возбудителей болезней и сорных растений для промышленного производства сельскохозяйственной продукции, а также для применения в курортных, особо охраняемых и водоохранных зонах</p>
<p>Штаммы микроорганизмов и микробные консорциумы для создания симбиотических растительно-микробных сообществ, обеспечивающих питание растений минеральными веществами и их защиту от патогенов</p>		<p>Определение генетической структуры микробных сообществ основных типов почв с целью выявления ключевых групп генов и геномов, определяющих базовые процессы почвообразования (круговорот макроэлементов, метаболизм гумусовых веществ, стабильность биологических свойств при действии глобальных изменений климата) и развития растений (азотное и фосфорное питание, защита от патогенов, способность поддерживать гомеостаз в условиях природных и антропогенных стрессов)</p> <p>Определение структуры симбиогенома растений, обуславливающего интеграцию полезной микрофлоры, для формирования экологически эффективных и самодостаточных микробно-растительных систем</p> <p>Генетическое конструирование и биоинженерия многокомпонентных и полифункциональных микробиомов растений, обеспечивающих мобилизацию трофических ресурсов почвы (оптимальное азотное и фосфорное питание основных сельскохозяйственных культур), их защиту от вредителей и устойчивое развитие в условиях глобальных изменений климата (температурного и водного баланса, засоления) и загрязнения биосферы</p> <p>Разработка методов молекулярного мониторинга почв сельскохозяйственного назначения, позволяющих прогнозировать динамику основных параметров их биологического потенциала</p> <p>Разработка методологии широкомасштабной интродукции полезных микроорганизмов в почвы, а также на поверхность и в ткани растений, возделываемых в различных почвенно-климатических зонах России</p> <p>Разработка новых способов управления развитием и адаптивными функциями сельскохозяйственных культур в экологически устойчивых агроценозах с использованием сигнальных молекул, синтезируемых микроорганизмами в промышленных условиях</p> <p>Создание новых форм ферментов, полезных для микробно-растительных систем, обеспечивающих адаптивный потенциал основных сельскохозяйственных культур</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка технологии культивирования штаммов-продуцентов и создание новых форм биопрепаратов для земледелия (ростстимулирующего и фитозащитного действия) с целью повышения конкурентоспособности товарной продукции, устойчивости использования природных ресурсов и расширения площади посевов сельскохозяйственных культур на основе органического земледелия</p> <p>Создание микробных препаратов и технологий их применения для переработки и/или утилизации отходов сельскохозяйственного производства</p>
Биотехнологические процессы получения биопродуктов промышленного и медицинского назначения в растениях		Разработка новых технологий получения рекомбинантных белков, в том числе вакцин, в растениях-биофабриках

3.4. Экологические биотехнологии

Ожидаемые результаты заделных исследований:

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

Табл. 5. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Экологические биотехнологии»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Новые верифицированные методики биотестирования и биоиндикации с повышенной чувствительностью и селективностью для определения загрязнений в окружающей среде, штаммы организмов-биосенсоров		<p>Выявление новых тест-объектов биомониторинга и биотестирования</p> <p>Исследование индикаторной значимости организмов, их адаптационных способностей к действующим загрязняющим веществам в различных условиях</p> <p>Разработка методов и критериев оценки состояния биоиндикаторов по их физиологическому состоянию и морфологическим изменениям в ходе онтогенеза</p> <p>Создание и внедрение эффективных биотест-систем, в том числе экспрессных, на основе биологического материала и живых организмов</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка биосенсоров, позволяющих быстро и селективно определять качество и количество загрязнений в природных системах</p> <p>Разработка методов выявления отклика биосферы на антропогенное воздействие на разных уровнях живого: молекулярном, клеточном, организменном, популяционном и в сообществах</p>
Новые методики очистки вод, грунтов и воздуха с использованием эффективных организмов – биоремедиаторов		<p>Выявление новых эффективных живых организмов – биодеструкторов загрязняющих веществ, изучение особенностей их биологии</p> <p>Разработка методов получения биомассы организмов-деструкторов, способов их хранения и использования</p> <p>Исследование метаболического потенциала биологических объектов, позволяющего использовать их в экобиотехнологической сфере</p> <p>Разработка технологии биоремедиации: создание методов очистки вод, грунтов и воздуха с использованием метаболического потенциала биологических объектов</p> <p>Разработка биотехнологических методов ликвидации последствий вредного воздействия на окружающую среду, техногенных катастроф (разливов нефти, радиоактивных загрязнений, аварий на химических производствах и т.д.)</p>
Экологически безопасные биоциды для защиты технических объектов от организмов-деструкторов		<p>Исследование механизмов биоповреждений материалов, изделий и сооружений отдельными видами макро- и микроорганизмов</p> <p>Разработка экологически безопасных биоцидов и экобиотехнологических методов защиты от биоповреждений и биокоррозии</p> <p>Исследование влияния биологических факторов на материалы и технические объекты</p> <p>Разработка основ ускоренных лабораторных и натуральных испытаний материалов, изделий и средств защиты от биокоррозии и биоповреждений</p> <p>Исследование состава и динамики сообществ организмов, вызывающих биокоррозию</p> <p>Разработка биотехнологических способов защиты от повреждающих микроорганизмов, водорослей, грибов, беспозвоночных животных и других живых организмов – деструкторов технических поверхностей</p>

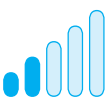


3.5. Пищевые биотехнологии

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- 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, а также биологически активных добавок к пище, в том числе:
 - 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.), реализованные на лабораторном уровне;
 - экспериментальные 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.

Табл. 6. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Пищевые биотехнологии»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Обеспечение безопасности пищевых продуктов		<p>Изучение влияния новых и нетрадиционных источников пищи на здоровье человека и механизмов взаимодействия нутриома (макро-, микронутриентов и минорных биологически активных компонентов пищи) с организмом человека</p> <p>Идентификация рисков новых и нетрадиционных пищевых продуктов, основанная на использовании методов высокопроизводительного скрининга метаболических процессов (омик-технологии)</p> <p>Разработка методов для мультипараметрического контроля содержания в пищевых продуктах и сырье химических загрязняющих веществ (грибных и бактериальных токсинов, пестицидов и ветеринарных препаратов)</p> <p>Разработка методов экспрессного выявления бактериального заражения пищевых продуктов и сырья</p> <p>Разработка комплекса методов для подтверждения аутентичности пищевых продуктов, в том числе видовой идентификации используемого сырья, основанных на определении специфических биологических макромолекул (нуклеиновых кислот, белков и др.)</p>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Исследование кумулятивного действия подпороговых концентраций загрязняющих веществ с учетом особенностей пищевых продуктов</p> <p>Разработка методических подходов к интегральной оценке безопасности продукции, содержащей несколько видов загрязняющих веществ</p>
Технологии пищевого белка		<p>Исследование физико-химических и биологических свойств пищевого белка и белковых композиций, полученных из сырья растительного и животного происхождения</p> <p>Разработка методов тестирования биологических свойств пищевого белка и пищевых композиций на молекулярном, клеточном и организменном уровнях</p> <p>Создание научно-методической базы для направленного получения белковых композиций с заданными свойствами и аналитической платформы для их тестирования</p> <p>Создание технологического оборудования для глубокой конверсии побочных продуктов и отходов переработки сырья растительного и животного происхождения с целью извлечения максимального количества пищевого белка и получения белковых композиций заданного состава</p>
Биотехнологические подходы к производству пробиотиков, пребиотиков, синбиотиков, заквасок и пищевых ингредиентов		<p>Скрининг микроорганизмов и поиск новых пробиотиков и синбиотиков, изучение их физиологических функций и метаболических путей, характеристика структуры и свойств продуцируемых ими биологически активных соединений</p> <p>Исследование геномов молочнокислых бактерий, поиск, селекция и создание высокоактивных штаммов молочнокислых и других технологических микроорганизмов с заданными биологическими свойствами и оптимизированными характеристиками</p> <p>Разработка биокаталитических и генно-инженерных способов получения пищевых ингредиентов (в том числе витаминов и функциональных смесей), методов оценки их безопасности и эффективности</p> <p>Исследование функциональных свойств продуктов, полученных на основе биологически активных соединений и биокомпозиций (пищевых продуктов, пищевых добавок и функциональных пищевых ингредиентов, биологически активных добавок и медицинских биологических препаратов)</p> <p>Создание стартерных культур и высококонцентрированных заквасок на основе новых пробиотиков для промышленной и медицинской биотехнологии</p> <p>Разработка технологий получения целевых продуктов с заданными свойствами на основе биологически активных соединений и композиций</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Функциональные и специализированные пищевые продукты</p>		<p>Выявление эффективных биомаркеров для объективной оценки обеспеченности организма человека пищевыми веществами и персонализации рекомендаций по питанию</p> <p>Исследование особенностей метаболизма и потребностей человека в пищевых веществах и энергии в экстремальных состояниях</p> <p>Разработка методологии коррекции патологических состояний с использованием функциональных и специализированных пищевых продуктов и формирование медико-биологических требований по их использованию в рационе различных групп населения</p> <p>Изучение метаболических превращений функциональных пищевых продуктов и ингредиентов, создание стратегии исследования их влияния на жизненно важные функции организма</p> <p>Разработка методов оценки безопасности и биологической эффективности, способов тестирования функциональных свойств пищевых продуктов и ингредиентов</p> <p>Создание научно-методической базы для направленного получения новых пищевых продуктов и ингредиентов с заданными свойствами</p> <p>Разработка технологического оборудования для проведения биокаталитической конверсии и/или синтеза для получения новых пищевых ингредиентов с заданными функциональными свойствами и пищевых продуктов на их основе</p>
<p>Переработка пищевого сырья и отходов</p>		<p>Скрининг перспективных источников биологически активных веществ (витаминов, антиоксидантов, полиненасыщенных жирных кислот, полифенольных соединений, биологически активных пептидов и др.) среди вторичных малоценных продуктов переработки сырья растительного и животного происхождения</p> <p>Разработка и оптимизация методов глубокой переработки малоценного сырья растительного и животного происхождения для извлечения из него биологически активных соединений и/или направленной модификации их структуры для повышения функциональных и потребительских свойств, а также биологической ценности</p>

3.6. Лесные биотехнологии

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- 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.

**Табл. 7. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Лесные биотехнологии»**

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты исследований и разработок
Создание новых сортов древесных растений с улучшенными характеристиками (структурой древесины, устойчивостью к фитопатогенам, скоростью роста и др.) с использованием биотехнологий		<p>Исследование процессов органогенеза и эмбриогенеза древесных растений в условиях <i>in vitro</i>, разработка новых способов культивирования <i>in vitro</i> растительного материала</p> <p>Генетический анализ, картирование и секвенирование геномов древесных растений, в том числе на основе создания инбредных (гомозиготных) коллекций с помощью гаплоидных технологий</p> <p>Разработка методов молекулярной селекции древесных растений</p> <p>Разработка научных основ биотехнологий для управления лесонасаждениями</p> <p>Изучение физиологических и генетических аспектов покоя древесных растений в условиях <i>in vitro</i></p> <p>Гаплоиды, гомозиготные диплоиды и полиплоидизация как метод создания новых генотипов и сортов лесных пород</p> <p>Создание банков <i>in vitro</i> редких и исчезающих видов лесных растений</p> <p>Клональное микроразмножение редких и исчезающих видов лесных древесных и недревесных растений для создания резерватов генетически ценных форм деревьев с целью повышения качества посадочного материала</p> <p>Мониторинг состояния и оценка генетического разнообразия лесных ресурсов на основе анализа ДНК</p> <p>Молекулярное (ДНК) маркирование, направленное на решение прикладных задач лесного сектора: совершенствование принципов и методов лесосеменного районирования, генетическая паспортизация и сертификация семян, мониторинг фитосанитарного состояния питомников и лесонасаждений, контроль законности происхождения древесины</p> <p>Создание биотехнологических форм деревьев с заданными признаками: пониженным содержанием лигнинов, устойчивостью к гербицидам и др.</p>
Микробиологические средства защиты леса от вредителей и патогенов		<p>Клональное микроразмножение растений (включая гаметический и соматический эмбриогенез) для селекции и производства устойчивых к вредителям и патогенам форм высококачественного посадочного материала</p> <p>Создание устойчивых форм лесных пород и средств защиты от вредителей и фитопатогенов биотехнологическими методами</p> <p>Разработка технологий мониторинга фитосанитарного состояния лесонасаждений</p> <p>Разработка технологий крупнотоннажного производства биологических препаратов для защиты леса</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты исследований и разработок
Перспективные биотехнологические процессы комплексной переработки древесной биомассы и ее отдельных компонентов, реализованные на лабораторном уровне		Создание нового поколения волокнистых полуфабрикатов и целлюлозных композиционных материалов
		Выделение лигнина и гемицеллюлоз с последующим синтезом продуктов с высокой добавленной стоимостью
		Разработка экологически безопасной технологии получения наноразмерной целлюлозы и изготовление на ее основе конструкционных композиционных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами
		Разработка и внедрение технологий комплексной переработки древесной биомассы с применением новых технологических процессов получения продуктов глубокой переработки (биотоплива, биохимикатов)

3.7. Аквабиокультура

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- 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.

Табл. 8. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Аквабиокультура»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Идентификация новых практически ценных биомолекул гидробионтов (ферментов, белков и пептидов, вторичных метаболитов, полисахаридов бактерий, архей, водорослей, жирных кислот и липидов водорослей) с использованием геномных и постгеномных технологий, методы получения биополимеров и новых материалов из гидробионтов		Исследование специфических белков и ферментов гидробионтов
		Использование методов биоинформатики для идентификации новых биомолекул в гидробионтах (биокатализаторов, белков и пептидов, вторичных метаболитов, полисахаридов бактерий, архей, водорослей, жирных кислот и липидов микроводорослей)
		Метагеномные исследования водных микро- и макробионтов



(окончание)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Методы культивирования клеточных линий морских организмов и микробных симбионтов – продуцентов биологически активных соединений, реализованные на лабораторном уровне</p>		<p>Разработка инновационных методов культивирования клеточных линий позвоночных и беспозвоночных морских организмов, а также микробных симбионтов для получения биологически активных соединений</p> <p>Разработка методов молекулярной селекции гидробионтов</p> <p>Разработка новых и совершенствование существующих биотехнологий кормопроизводства и разведения ценных рыб и морепродуктов</p> <p>Исследование морских экосистем и выявление новых объектов культивирования</p> <p>Разработка и тестирование новых кормов и новых методов кормления рыб и других гидробионтов</p>
<p>Методы молекулярной селекции гидробионтов для получения высокопродуктивных объектов аквакультуры</p>		<p>Совершенствование селекционно-племенной работы с целью выведения высокопродуктивных объектов аквакультуры</p> <p>Проведение геномного анализа гидробионтов и морских микроорганизмов</p> <p>Поиск штаммов микроводорослей и методов их культивирования, оптимальных для производства биотоплива</p> <p>Разработка комплексной промышленной технологии (с замкнутым циклом) получения биологически активных веществ из малоиспользуемых гидробионтов и отходов производства непосредственно в местах вылова</p> <p>Создание биопрепаратов из гидробионтов для повышения сопротивляемости организма воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды, лечения и предупреждения ряда социально значимых и опасных заболеваний</p> <p>Проведение медико-биологических исследований и разработка нормативной документации пептидных препаратов из органов и тканей гидробионтов, обладающих иммуностимулирующими, антиоксидантными и другими свойствами</p> <p>Создание биологических субстанций и композиций, функциональных пищевых продуктов и биологически активных пищевых добавок на основе сырья гидробионтов</p> <p>Исследование свойств полисахаридов из ракообразных и других гидробионтов с целью их применения в практической медицине и народном хозяйстве</p>

Список литературы

Апокин А.Ю., Белоусов Д.Р. (2009) Сценарии развития мировой и российской экономики как основа для научно-технологического прогнозирования // Форсайт. Т. 3. № 3. С. 12–29.

Ван Рай В. (2012) Зарождающиеся тенденции и «джокеры» как инструменты формирования и изменения будущего // Форсайт. Т. 6. № 1. С. 60–73.

Гохберг Л.М., Кузнецова Т.Е. (2011) Стратегия-2020. Новые контуры российской инновационной политики // Форсайт. Т. 5. № 4. С. 8–31.

Доманьский Р. (2010) Экономическая география: динамический аспект. М.: Новый хронограф.

ИНЭИ РАН / РЭА (2012) Прогноз развития энергетики мира и России до 2035 года. М.: ИНЭИ РАН, РЭА.

Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации до 2020 года. Утверждена Председателем Правительства Российской Федерации (№ 1838п-П8 от 24 апреля 2012 г.).

Кристенсен К. (2004) Дилемма инноватора. Как из-за новых технологий погибают сильные компании. М.: Альпина Паблишер.

Минобрнауки России (2008а) Долгосрочный прогноз научно-технологического развития Российской Федерации (до 2025 года).

Минобрнауки России (2008b) Разработка прогноза долгосрочного научно-технологического развития ключевых секторов российской экономики на период до 2030 года.

НИУ ВШЭ (2013) Долгосрочные приоритеты прикладной науки в России. М.: НИУ ВШЭ.

Перес К. (2011) Технологические революции и финансовый капитал. Динамика пузырей и периодов процветания. М.: Дело.

Перечень критических технологий Российской Федерации. Утвержден Указом Президента Российской Федерации от 7.07.2011 г. № 899.

Послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию (2012) Официальный сайт Администрации Президента Российской Федерации. 12 декабря. <http://kremlin.ru/news/17118> (дата обращения: 05.02.2014).



Приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации. Утверждены Указом Президента Российской Федерации от 7.07.2011 г. № 899.

Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года. Утвержден Председателем Правительства Российской Федерации (№ ДМ-П8-5 от 3 января 2014 г.).

Росстат (2011) Статистический сборник «Инвестиции в России». М.: Росстат.

Совещание с вице-премьерами: о прогнозе научно-технологического развития России на период до 2030 года; о кредитных рейтингах регионов (2014) Официальный сайт Правительства Российской Федерации. 20 января. http://government.ru/vice_news/9809 (дата обращения: 04.02.2014).

Соколов А.В. (2007) Метод критических технологий // Форсайт. Т. 1. № 4. С. 64–74.

Соколов А.В. (2009) Будущее науки и технологий: результаты исследования Дельфи // Форсайт. Т. 3. № 3. С. 40–58.

Соколов А.В., Чулок А.А. (2012) Долгосрочный прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 года: ключевые особенности и первые результаты // Форсайт. Т. 6. № 1. С. 12–25.

Чулок А.А. (2009) Прогноз перспектив научно-технологического развития ключевых секторов российской экономики: будущие задачи // Форсайт. Т. 3. № 3. С. 30–36.

Amanatidou E. (2011) Grand challenges – a new framework for foresight evaluation. EU-SPRI conference papers. Manchester. 20–22 September.

APEC (2013) APEC Energy Demand and Supply Outlook 2013 by APERC: The Role of Natural Gas in Energy Balance of APEC Economies for the period till 2035. 11th Russian Petroleum & Gas Congress / RPGC 2013. Moscow, 27 June 2013. http://itemsk.blob.core.windows.net/cms-root/www_mioge/files/4c/4c69a0a5-2e5f-4cd1-8659-48aa5904b106.pdf (дата обращения: 20.02.2014).

Arundel A., Sawaya D., Valeanu I. (2009) Human Health Biotechnologies to 2015 // OECD Journal: General Papers. Vol. 2009/3. http://dx.doi.org/10.1787/gen_papers-2009-5kmjktfxdg7 (дата обращения: 10.02.2014).

Battelle (2011) Battelle's 2012 Global R&D Funding Forecast. http://battelle.org/docs/default-document-library/2012_global_forecast.pdf (дата обращения: 10.02.2014).

Bhagwati J. (2004) In Defense of Globalization. Oxford: Oxford University Press.

Bloomberg New Energy Finance (2013) Global Trends in Clean Energy Investments. http://www.cleanenergyministerial.org/Portals/2/pdfs/BNEF_presentation_CEM4.pdf (дата обращения: 10.02.2014).

Bio-Economy Technology Platforms (2008) The European Bioeconomy in 2030: Delivering Sustainable Growth by addressing the Grand Societal Challenges. <http://www.epsoweb.org/file/560> (дата обращения: 10.02.2014).



- BP (2012) BP Energy Outlook 2030. London: BP.
- Caesar W., Riese J., Seitz T.* (2007) Betting on Biofuels // McKinsey Quarterly. № 2. P. 53–63.
- Cagnin C., Amanatidou E., Keenan M.* (2012) Orienting European Innovation Systems towards Grand Challenges and the Roles that FTA Can Play // Science and Public Policy Vol. 39 (2). P. 140–152.
- Calof J.L.* (2008) Competitive Intelligence and the Management Accountability Framework. Optimum Online // The Journal of Public Sector Management. № 37 (4). P. 31–36.
- EU-Russia Energy Dialogue (2011) Energy Forecasts and Scenarios 2009–2010 Research. Final Report. Moscow: Publishing House «Economica, Stroitelstvo, Transport».
- European Commission (2010a) European Forward Looking Activities. EU Research in Foresight and Forecast. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission (2010b) Facing the future: time for the EU to meet global challenges. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission (2010c) Strategic Research Agenda 2010 Update: Innovation Driving Sustainable Biofuels. European Biofuels Technology Platform. http://www.biofuelstp.eu/sras-dd/SRA_2010_update_web.pdf (дата обращения: 10.02.2014).
- Farrell D., Nyquist S., Rogers M.* (2007) Curbing the Growth of Global Energy Demand // McKinsey Quarterly. № 1. P. 21–55.
- Federal Ministry of Education and Research (2011) National Research Strategy BioEconomy 2030. Berlin. http://www.bmbf.de/pub/bioeconomy_2030.pdf (дата обращения: 10.02.2014).
- Foresight Horizon Scanning Centre / Government Office for Science (2010) Technology and Innovation Futures: UK Growth Opportunities for the 2020s. London. <http://www.bis.gov.uk/foresight> (дата обращения: 29.01.2014).
- Georghiou L., Cassingena Harper J., Keenan M., Miles I., Popper R.* (eds.) (2008) The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice. Cheltenham: Edward Elgar.
- Haegeman K., Scapolo F., Ricci A., Marinelli E., Sokolov A.* (2013) Quantitative and qualitative approaches in FTA: from combination to integration? // Technological Forecasting & Social Change. Vol. 80. P. 386–397.
- Loveridge D., Georghiou L., Nedeva M.* (1995) United Kingdom Foresight Programme. PREST. University of Manchester.
- Meissner D., Gokhberg L., Sokolov A.* (eds.) (2013) Science, Technology and Innovation Policy for the Future. Potentials and Limits of Foresight Studies. New York, Dordrecht, London, Heidelberg: Springer.
- NIC (2012) Global Trends 2030: Alternative Worlds. December 2012. The National Intelligence Council.
- NISTEP (2005) The 8th Science and Technology Foresight Survey: Delphi Analysis. NISTEP report № 97. Tokyo: NISTEP.



NISTEP (2010a) Contribution of Science and Technology to Future Society. Tokyo: NISTEP. http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/rep140e/pdf/rep140e_overview.pdf (дата обращения: 28.01.2014).

NISTEP (2010b) Future Scenarios Opened up by Science and Technology (Summary). Tokyo: NISTEP. <http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035/676/1/NISTEP-NR141-SummaryE.pdf> (дата обращения: 28.01.2014).

NISTEP (2010c) The 9th Science and Technology Foresight – Contribution of Science and Technology to Future Society. NISTEP report № 140. Tokyo: NISTEP.

NREL USA (2011) Renewable Electricity Futures Study. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.

OECD (2009) The Bioeconomy to 2030. Designing a policy agenda. Paris: OECD. http://www.oecd-ilibrary.org/economics/the-bioeconomy-to-2030_9789264056886-en (дата обращения: 10.02.2014).

OECD (2010) The OECD Innovation Strategy. Getting a Head Start on Tomorrow. Paris: OECD.

OECD (2011a) OECD Future Prospects for Industrial Biotechnology. Paris: OECD.

OECD (2011b) OECD Green Growth Studies: Energy. Paris: OECD.

OECD (2011c) OECD Reviews of Innovation Policy: Russian Federation. Paris: OECD.

OECD (2012a) OECD Innovation Strategy. Paris: OECD. <http://www.oecd.org/site/innovation-strategy> (дата обращения: 12.01.2014).

OECD (2012b) OECD Environmental Outlook to 2050. The Consequences of Inaction. Paris: OECD Publishing. http://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-environmental-outlook-to-2050/health-and-environment_env_outlook-2012-9-en (дата обращения: 01.02.2014).

OECD (2012c) Looking to 2060: Long-term global growth prospects. OECD Economic Policy Papers. № 3.

OECD (2013a) Marine Biotechnology: Enabling Solutions for Ocean Productivity and Sustainability. Paris: OECD Publishing.

OECD (2013b) OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2013. Paris: OECD Publishing.

OECD/IEA (2011) OECD Green Growth Studies: Energy. Paris: OECD.

OECD/IEA (2012a) Energy Technology Perspective 2012: Pathways to a Clean Energy System. Paris: OECD.

OECD/IEA (2012b) Tracking Clean Energy Progress. Paris: IEA.

OECD/IEA (2012c) World Energy Outlook 2012. Paris: IEA. <http://www.iea.org/newsroomandevents/speeches/130326FutureEnergyTrendsWEO2012NZrev.pdf> (дата обращения: 01.02.2014).

OECD/IEA (2013a) Tracking Clean Energy Progress 2013. Paris: IEA.

OECD/IEA (2013b) World Energy Outlook 2013. Paris: IEA. <http://www.iea.org/Textbase/npsum/WEO2013SUM.pdf> (дата обращения: 10.02.2014).



RAND (2006) The Global Technology Revolution 2020: In-Depth Analysis. Technical Report. Santa Monica, Arlington, Pittsburg: RAND Corporation.

Rodrik D. (2011) The Globalization Paradox. New York, London: Norton & Company, Inc.

Shell (2008) Shell Energy Scenarios to 2050. Hague: Shell.

Stiglitz J.E. (2007) Making Globalization Work. New York: Norton.

The White House (2012) National Bioeconomy Blueprint. Washington.

UNIDO (2005) UNIDO Technology Foresight Manual. Vienna: UNIDO.

**Прогноз научно-технологического
развития России: 2030. Биотехнологии**

Редактор *М.Ю. Соколова*

Художник *П.А. Шелегеда*

Компьютерный макет:

О.Г. Егин, В.В. Пучков

Подписано в печать 19.02.2014.
Формат 60×90 ¹/₈. Печ. л. 6.0.
Тираж 350 экз. Заказ № 143.

Отпечатано в ООО «Верже-РА»
127055, Москва, Новослободская ул., 31, стр. 4–11

По вопросам приобретения книги обращаться
в Институт статистических исследований
и экономики знаний НИУ ВШЭ
101000, Москва, Мясницкая ул., 20
Тел.: 8 (495) 621-28-73, факс: 8 (495) 625-03-67
<http://issek.hse.ru>
E-mail: issek@hse.ru