

Дорожная карта
Направление «Биотехнология»
(под-направление – «АгроБиотехнология»)

1. Паспорт

Наименование тематики научного исследования	Дорожная карта развития Агробиотехнологии в Казахстане на период до 2030 года
Основание для разработки, цели и задачи:	<p>1) Послание Президента Республики Казахстан - Лидера Нации Н.А. Назарбаева Народу Казахстана «Стратегия «Казахстан-2050» - Новый политический курс состоявшегося государства» от 14 декабря 2012 г.</p> <p>2) Указ Президента Республики Казахстан от 18 декабря 2012 года № 449 «О мерах по реализации Послания Главы государства народу Казахстана от 14 декабря 2012 года "Стратегия "Казахстан-2050": новый политический курс состоявшегося государства»</p> <p>3) Государственная программа по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010-2014 годы, утвержденная Указом Президента Республики Казахстан № 958 от 19 марта 2010 года.</p> <p>4) Закон Республики Казахстан «О науке» № 407 IV-ЗРК от 18 февраля 2011 года.</p> <p>5) Программа «Развитие агропромышленного комплекса в Республике Казахстан на 2013-2020 годы» №449 от 18 декабря 2012 года</p> <p>6) Концепция развития биотехнологии в Республике Казахстан до 2020 года, 2013 год</p> <p>Цели: Разработка и внедрение современных методов биотехнологии в агропромышленный комплекс Республики Казахстан</p> <p>Задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ состояния агробиотехнологии в Республике Казахстан 2. Разработка новых технологий по направлениям Агробиотехнологии 3. Мониторинг внедрений агробиотехнологии в практику 4. Трансферт технологий в научно-практический процесс АПК 5. Распространение знаний в области агробиотехнологии
Основной результат (продукты/ услуги, технологии):	<p>Основными продуктами научных исследований Агробиотехнологии будут:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Высокопродуктивные породы животных, устойчивые к болезням и неблагоприятным факторам внешней среды. Для создания данного продукта будут использованы технологии геномной селекции животных. 2. Высокопродуктивные сорта растений, устойчивые к абиотическим и биотическим факторам среды. Для осуществления данной задачи будут использованы методы генетической и клеточной инженерии и новых геномных технологий. 3. Современные вакцины для профилактики заболеваний животных. Для конструирования вакцинных препаратов будут созданы генетически

	<p>модифицированные микроорганизмы.</p> <p>4. Современные тест-системы для диагностики заболеваний животных и болезней растений.</p> <p>Для осуществления поставленной задачи будут использованы технологии создания молекулярно-генетических, клеточных и белковых диагностических систем.</p>
Этапы реализации:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Операционный план (2014 – 2020 гг.) (краткосрочный период) 2. Стратегический план (2021 – 2025 гг.) (среднесрочный период) 3. Долгосрочное видение (2025 – 2030 гг.) (долгосрочный период)
Основные ресурсы и участники процесса реализации Дорожной карты:	<p>Научно-техническая база НИИ КН МОН РК и ведущих ВУЗов страны: Национальный Центр биотехнологии РК, Институт биологии и биотехнологии растений, Институт проблем биологической безопасности, Институт микробиологии и вирусологии, Институт общей генетики и цитологии, Институт молекулярной биологии и биохимии, Институт экспериментальной биологии, Назарбаев Университет, КазНУ, ЕНУ, НИИ и селекционные станции АО «КазАгроИнновация» МСХ РК и др.</p> <p>Также будут использованы материально-технические базы ведущих зарубежных биотехнологических центров мира на основе Договоров о совместных исследованиях и на принципе «аутсорсинга».</p>
Целевые индикаторы:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Внедрить современные методы для ускорения селекционного процесса в растениеводстве и животноводстве в 1.5 раза к 2020 г., в 2 раза к 2030 г. по сравнению с существующими сроками. 2. Повысить продуктивность сортов растений и пород животных в 1,5 раза к 2020 г., в 2 раза к 2030 г. по сравнению с существующими показателями; 3. Создание 12 новых сортов растений и 3 новых пород животных на основе использования новых геномных технологий к 2020 г. 4. Выпустить 5 новых партий иммунно-диагностических тест-систем и 5 новых вакцинных препаратов. 5. Опубликовать более 25 научных статей в ведущих научных журналах мира с высоким импакт-фактором к 2020 г. 6. Подготовить более 35 специалистов по технологиям генотипирования, и секвенирования и модифицирования геномов.

2. SWOT-анализ и оценка его элементов

СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ	СЛАБЫЕ СТОРОНЫ
<p>1. Готовность государственных структур к модернизации агробиотехнологического сектора страны и программные правительственные документы о необходимости увеличения государственной поддержки.</p> <p>2. Определены основные приоритетные направления агробиотехнологии в республике.</p> <p>3. Наличие интеллектуальной и материальной базы для разработки современных геномных и генно-инженерных технологий.</p> <p>4. Наличие научных центров, Университетов, исследовательских групп, селекционных учреждений, специализирующихся на исследованиях в области агробиотехнологий.</p> <p>5. Наличие международного сотрудничества со странами, имеющими развитую биотехнологическую отрасль.</p> <p>6. Наличие отечественных сортов растений и пород животных с высокими показателями продуктивности.</p> <p>7. Наличие и возможность подготовки молодых квалифицированных специалистов в области биотехнологии, геномики, клеточной и генной инженерии.</p> <p>8. Привлечение ведущих ученых из зарубежных стран для подготовки магистров и докторов философии по специальности «Биотехнология».</p> <p>9. Выделение государственных грантов по программе «Болашак» на подготовку биотехнологов (магистров и докторов философии) и стажировку специалистов по современным методам биотехнологии.</p> <p>10. Наличие завершенных отечественных биотехнологических разработок в сфере агробиотехнологии, соответствующих мировому уровню.</p> <p>11. Выполнение научных программ в области биотехнологии, финансируемых из средств республиканского бюджета, в том числе с международным участием.</p> <p>12. Наличие всех необходимых предпосылок и потенциала (наличие биоресурсов, формирование научных школ, подготовка квалифицированных кадров и т.д.), чтобы войти в число мировых лидеров по некоторым направлениям в области агробиотехнологии.</p>	<p>1. Недостаток высококвалифицированных кадров в области генетики и селекции растений и животных.</p> <p>2. Морально и физически устаревшая материально-техническая база научных организаций.</p> <p>3. Недостаточное внедрение в сельское хозяйство результатов геномных исследований, методов клеточной и генетической инженерии.</p> <p>4. Преобладание государственного закупа в приобретении зарубежных оригинальных препаратов и оборудования.</p> <p>5. Недостаточный уровень финансирования НИОКР.</p> <p>6. Недостаточная творческая связь с известными научными центрами зарубежных стран.</p> <p>7. Ведомственная разобщенность исследований в области агробиотехнологии.</p> <p>8. Отсутствие у предприятий заинтересованности, государственных механизмов налогового, тарифного и бюджетного стимулирования предприятий, разрабатывающих и внедряющих в производство отечественные научные разработки в области агробиотехнологии.</p> <p>9. Низкая доля специалистов научных и селекционных организаций, прошедших стажировку и повышение квалификации в ведущих научных центрах зарубежных стран.</p> <p>10. Слабая конкурентоспособность казахстанской биотехнологической продукции и её низкий ассортимент на мировом рынке, низкий экспортный потенциал зерновых культур и мясо-молочной продукции по причине несоответствия требованиям мировых рынков.</p> <p>11. Сложность доступа к кредитным ресурсам для предприятий, осуществляющих деятельность по аграрной биотехнологии.</p> <p>12. Зависимость научных учреждений от импорта химических реактивов, расходных материалов, сырья и упаковочных материалов.</p>

<p>13. Политическая стабильность РК и выгодное географическое расположение страны.</p> <p>14. Ускорение темпов развития государственной экономики, увеличение инвестиционной привлекательности РК на международном уровне.</p> <p>15. Наличие инвестиционных площадок для реализации инновационных проектов.</p>	<p>13. Тендерные требования Закона о Государственных закупках РК, диктующие приобретения оборудования, материалов и реактивов с низкими параметрами качества и задержки их доставки.</p>
ВОЗМОЖНОСТИ	УГРОЗЫ
<p>1. Возможность создания эффективных диагностических тест-методов для раннего выявления опасных заболеваний животных и болезней растений.</p> <p>2. Трансфер технологий массивного параллельного генотипирования и секвенирования организмов.</p> <p>3. Увеличение мировой потребности в аграрной продукции, стабильный рост на мировом рынке спроса на экологически чистые пищевые продукты.</p> <p>4. Решение методами биотехнологии таких проблем, как развитие депрессивных территорий, трудозанятость, использование возобновляемого сырья и др.</p> <p>5. Наличие привлекательных рынков Китая, России и Центрально-азиатских стран для экспорта аграрной продукции.</p> <p>5. Привлечение иностранных инвестиций.</p> <p>6. Развитие венчурных фондов в Казахстане.</p> <p>7. Опыт масштабного производства и выращивания генетически модифицированных продуктов в развитых и развивающихся странах мира (США, Китай, Бразилия и т.д.).</p>	<p>1. Низкая эффективность существующих организационно-финансовых платформ, направленных на взаимодействия науки и бизнеса.</p> <p>2. Изменение климатических условий.</p> <p>3. Неэффективное использование водных ресурсов и стремительное сокращение поливных площадей.</p> <p>4. Сокращений сельскохозяйственных угодий, предназначенных для растениеводства и животноводства.</p> <p>5. Низкая плотность и неравномерное расселение населения по регионам.</p> <p>6. Доминирующее положение биотехнологических компаний из стран ближнего и дальнего зарубежья.</p> <p>7. Быстрое развитие биотехнологической промышленности в Индии и Китае.</p> <p>8. Угроза утечки высококвалифицированных специалистов в области сельского хозяйства и биотехнологии.</p> <p>9. Слабое финансирование и стагнация развития биотехнологий в Казахстане без выведения её в отдельную отрасль.</p>

3. Перечень тематик исследований

Развитие животноводства и растениеводства и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур являются одними из основных приоритетных направлений в агропромышленном комплексе (АПК) страны. Повышение количества народонаселения земли, малочисленность населения в аграрных регионах, повсеместная деградация сельскохозяйственных угодий, глобальное изменение климата являются теми вызовами, которые обуславливают внедрение в селекционный процесс новых передовых технологий, включая агробиотехнологии, для обеспечения продовольственной безопасности. На основе анализа мировой литературы можно выделить несколько наиболее перспективных направлений исследований и разработок в области агробиотехнологии, необходимых для развития АПК страны: активное использование новых геномных технологий для высокоскоростного параллельного ДНК-генотипирования организмов; направленное редактирование геномов для создания новых более продуктивных форм микроорганизмов, животных и растений; активное использование селекции на уровне клеток и тканей; создание современных и высокоэффективных диагностических тест-систем заболеваний

животных и болезней растений; создание современных профилактических вакцин для животных.

Казахстан является девятой страной в мире по размерам территории и имеет выгодное географическое расположение на перекрестке Европы и Азии. Следовательно, развитие сельского хозяйства страны является одним из наиболее перспективных направлений в экономике страны, с огромным потенциалом для создания и экспорта аграрной продукции. Вместе с этим, отсутствие сбалансированной политики в области развития АПК, слабая организационная связь бизнеса и науки, низкая материально-техническая база АПК, НИИ и селекционных учреждений, недостаток в квалифицированных кадрах, устаревшие технологии, деградация почв сельскохозяйственных угодий, выращивание сельскохозяйственных культур в зонах рискованного земледелия являются основными вызовами для развития сельского хозяйства. Принятие и реализация предлагаемого сценария развития агробιοтехнологии в стране позволит решить часть имеющихся проблем, а именно подготовка новых квалифицированных специалистов, усиление связи между фундаментальной и прикладной областями науки, усиления связи между научными учреждениями и бизнес-ориентированными структурами страны, разработка принципиально новых и трансфер существующих высокоэффективных агробιοтехнологий и их внедрение в практику.

В Дорожной карте **Биотехнологии** в поднаправлении Агробιοтехнология наиболее перспективными являются следующие тематики научных исследований и разработок:

1. Совершенствование методов геномной селекции животных

Успешное развитие геномики сельскохозяйственных организмов является особенной чертой биотехнологии 21 века. Создание ДНК-анализаторов второго и третьего поколения широко раздвинуло возможности использования геномики для массированного анализа геномов диких и культивируемых видов животных с дальнейшим внедрением результатов исследований в практическую селекцию. Примером таких исследований является быстрая идентификация ключевых генов для ускорения селекционного процесса и направленного отбора высокопродуктивных ценных пород животных. Для широкого внедрения уже имеющихся и новых разрабатываемых технологий анализаторов четвертого поколения необходимо (1) создание принципиально новой материально-технической базы (МТБ) и широкого использования принципа «аутсорсинга», или использование МТБ уже существующих зарубежных биотехнологических центров; (2) воспитание специалистов нового поколения в области молекулярной генетики и биоинформатики; (3) создание новых платформ, или агробιοкластеров, на основе которых будет осуществляться взаимосвязь бизнеса и науки и финансироваться фундаментальные и прикладные исследования; (4) тесная связь с ведущими биотехнологическими учреждениями мира.

2. Разработка методов редактирования геномов хозяйственно ценных видов растений для повышения продуктивности, устойчивости к болезням и неблагоприятным факторам внешней среды

Повышение продуктивности и качества сельскохозяйственных культур растений является одним из главных направлений в АПК. Это направление обусловлено большими территориями под зерновыми культурами, возможностью выйти на передовые позиции в экспорте зерна, и расширения кормовой базы для развития животноводства страны. В связи с этим, роль новых технологий в обеспечении стабильного развития сельского хозяйства имеет высокое значение. Для расширения генетического разнообразия растений, как базовой платформы развития селекционных исследований, существует четыре принципиальных направления – (1) поиск существующих генетических резервов в дикорастущих и культивируемых видах с использованием ДНК-анализаторов нового поколения, феномных технологий, и биоинформатики; (2); целенаправленные гено-инженерные исследования по модификации геномов (3) индуцированный мутагенез; (4)

использование методов культуры клеток и тканей. В данной тематике предлагается использовать первые два направления исследований, как наиболее перспективные направления, являющиеся потенциально прорывными для Казахстана. Для широкого внедрения предлагаемой тематики в практику, дополнительно к перечисленным условиям развития первой тематики, необходимо иметь поддержку со стороны государства и общественности, вести разъяснительные работы по важности активного внедрения таких технологий научными ведомствами в средствах массовой информации, и осуществлять активные научные исследования в соответствующих НИИ страны, с демонстрацией преимуществ использования новых технологий.

3. Разработка и совершенствование методов клеточной селекции растений

Предлагаемые исследования позволяют не только расширить уровень генетического разнообразия культивируемых видов растений, но и существенно повысить эффективность селекционного процесса. К примеру, использование технологий культуры клеток и тканей *in vitro* позволяют преодолевать генетическую несовместимость при скрещивании дикорастущих и культивируемых видов растений, ускорять селекционный процесс за счет использования дигиплоидных технологий с созданием огромного количества полностью гомозиготных линий, что особенно важно при росте требований к спецификациям новых сортов и внедрением критерия DUS (отличимость, однородность и стабильность) международной методики UPOV (международный союз по защите прав на новые сорта растений). Направления клеточной селекции также могут быть успешно использованы в программах по сохранению генетических ресурсов страны на основе технологий крио- и холодовой консервации. Кроме того, технологии клеточной селекции могут быть использованы для микроклонального размножения ценных и редких форм растений в резервационных и промышленных питомниках, и иметь прямой выход в практику.

4. Создание генетически модифицированных микроорганизмов для использования в конструировании вакцинных препаратов

Генетически модифицированные микроорганизмы, используемые для разработки вакцин, должны создаваться на основе современных методов и подходов, используемых при клонировании генов, ответственных за синтез антигенов, конструкции векторов и введении их в клетки-продуценты (вирусы, бактерии, дрожжи и пр.), культивировании клеток *in vitro*, отделении антигена и его очистки. К научной новизне тематики следует отнести и использование векторов, в которые встроены не только гены, контролируемые синтез протективных антигенов, но и гены, кодирующие различные медиаторы иммунного ответа, например, гамма-интерферона, интерлейкина-2, и т.д. При создании вакцин должны применяться следующие приемы: введение генов вирулентности в авирулентные или слабовирулентные микроорганизмы; введение генов вирулентности в неродственные микроорганизмы с последующим выделением антигенов и их использованием в качестве иммуногена; искусственное удаление генов вирулентности и использование модифицированных микроорганизмов в виде корпускулярных вакцин. Предлагаемые технологии создания модифицированных микроорганизмов должны базироваться на современных достижениях генетической инженерии и обеспечивать вакцинам конкурентоспособными на рынке ветеринарных препаратов. Вакцинные препараты будут разрабатываться, в первую очередь, для профилактики особо опасных, антропозоонозных и социально-значимых заразных болезней.

5. Разработка технологий получения компонентов для иммунодиагностических тест-систем

Высокая скорость эволюции микроорганизмов, вызывающих опасные инфекционные заболевания, требует постоянного развития новых технологий для ранней

эффективной диагностики. В настоящее время разработаны и внедрены в практику многочисленные иммунодиагностические тест-системы, основанные на обнаружении специфических компонентов иммунного ответа на введенный в организм антиген (возбудитель). В зависимости от разработки и специфичности этих тест-систем, они дают очень высокий процент достоверной реакции со специфическим иммунным компонентом, ими обладают почти все иммунодиагностические центры. Многие из этих тест-систем разработаны и внедрены на рубеже 80-90 годов прошлого века, однако, в связи с развитием таких современных областей биологической науки, как геномика и протеомика, существует высокая потребность в их модификации, создании новых тест-систем. Иммунологические тест-системы являются весьма важными, так как без их применения трудно представить окончательный диагноз по многим инфекционным заболеваниям. Диагностические тест-системы очень удобны, компактны, и относительно недорогие при разработке и внедрении, и имеют уровень патентования и коммерциализации.

4. Этапы реализации Дорожной карты

Реализация Дорожной карты будет осуществляться в соответствии с операционным планом (краткосрочный период), стратегическим планом (среднесрочный период) и долгосрочным видением (долгосрочный период).

I. Операционный план

Операционный план предусматривает:

1. Выполнение научно-технических кооперативных программ по развитию и внедрению геномных технологий и методов генетического редактирования для изучения генетического разнообразия и создания перспективных пород животных и сортов растений.

2. Реализацию масштабного переоснащения материально-технической базы ведущих научных центров, участвующих в развитии агробιοтехнологических исследований.

3. Создание программ многоуровневого образования с целью подготовки специалистов в области геномики и аграрной биоинформатики.

4. Создание агробιοкластеров для осуществления эффективного взаимодействия научных организаций и бизнес-сектора.

5. Разработку новых и совершенствование существующих иммуно-диагностических тест-систем инфекционных заболеваний животных.

6. Совершенствование существующих и создание новых методов клонирования генов и получение мутантных генов, кодирующих иммуногенные и не токсические формы антигена и их адресной доставки.

7. Разработка новых методов культуры клеток, тканей и органов с использованием современных технологий для сохранения ценных и редких форм растений

8. Разработка и совершенствование методов клеточной селекции дикорастущих и культивируемых видов растений для преодоления генетической несовместимости при отдаленной гибридизации и создания гомозиготных гаплоидных форм культур.

9. Внедрение в научно-практический процесс новых геномных технологий, в том числе и на основе использования принципа «аутсорсинга», для генотипирования и секвенирования геномов растений и животных

10. Разработка и трансфер генно-инженерных технологий по направленному редактированию геномов растений с высокой продуктивностью, устойчивостью к стрессовым факторам окружающей среды.

В рамках тематики «Совершенствование методов геномной селекции животных» в краткосрочном периоде ставится задача по разработке и трансферу новых геномных

технологий по генотипированию пород животных. Форма завершения – внедрение новых методов генотипирования с использованием массированного количества ДНК-маркеров, включая использование ДНК-анализаторов нового поколения, в повседневную практику лабораторных исследований ключевых культивируемых видов животных в Казахстане.

В рамках тематики «Разработка методов редактирования геномов хозяйственно ценных видов растений для повышения продуктивности, устойчивости к болезням и неблагоприятным факторам внешней среды» в краткосрочном периоде ставится задача по созданию новых организационных платформ для эффективного взаимодействия фундаментальных и прикладных исследований, связанных с разработками новых методов и трансфера новейших технологий геномики и генно-инженерных исследований, для выполнения конкретных задач растениеводства, связанных с созданием новых продуктивных сортов с высокой устойчивостью к стрессовым факторам окружающей среды.

В рамках тематики: «Разработка и совершенствование методов клеточной селекции растений» в краткосрочном периоде ставится задача по усовершенствованию технологии и оптимизации лабораторных протоколов методов культуры клеток и тканей *in vitro* для широкого ряда видов растений, включая дикорастущие виды.

В рамках тематики: «Создание генетически модифицированных микроорганизмов для использования в конструировании вакцинных препаратов» в краткосрочном периоде ставится задача по оптимизации существующих и созданию новых методов клонирования генов и получение мутантных генов, кодирующих иммуногенные и нетоксические формы антигена, и выбора оптимальной линейки микроорганизмов для носителей векторов и систем доставки антигенов.

В рамках тематики: «Разработка технологий получения компонентов для иммунодиагностических тест-систем» в краткосрочном периоде ставится задача по разработке принципиально новых, удобных, экономически выгодных систем иммунной диагностики опасных заболеваний животных.

II. Стратегический план

Стратегический план предусматривает:

1. Создание интегрированной научно-информационной базы данных по генетическому разнообразию животных и растений.
2. Создание Генетического Банка ресурсов животных и растений Республики Казахстан.
3. Широкое внедрение и испытание результатов клеточной селекции, включая гаплоидных форм растений.
4. Внедрение высокоскоростного гентипирования и отбора наборов SNP-маркеров (точковые мутации или полиморфизм по единичному нуклеотиду), определяющих адаптивность растений к условиям окружающей среды, и устойчивость к стрессовым факторам окружающей среды.
5. Внедрение высокоскоростного гентипирования и отбора наборов SNP-маркеров, определяющих геномную племенную ценность животных.
6. Разработка цис-генных технологий (внедрение альтернативных форм генов того же вида растений) по модификации генов ценных признаков зерновых культур.
7. Освоение и выпуск современных иммунно-диагностических тест-систем. Внедрение в практику разработанных комплексных диагностических систем животных.
8. Освоение и выпуск современных профилактических вакцинных препаратов против актуальных болезней животных.

В рамках тематики «Совершенствование методов геномной селекции животных» в среднесрочном периоде ставится задача по отбору наборов SNP-маркеров, определяющих

геномную племенную ценность животных, на основе широкого геномного анализа и поиска ассоциаций между генами и ценными признаками.

В рамках тематики «Разработка методов редактирования геномов хозяйственно ценных видов растений для повышения продуктивности, устойчивости к болезням и неблагоприятным факторам внешней среды» в среднесрочном периоде ставится задача по отбору наборов SNP-маркеров, определяющих адаптивность видов растений к условиям окружающей среды, и устойчивость к абиотическим и биотическим стрессовым факторам. Кроме того, ставится задача по внедрению методов цис-генной технологии модификации генов, определяющих продуктивность и устойчивость растений к стрессовым факторам окружающей среды, основных зерновых культур.

В рамках тематики: «Разработка и совершенствование методов клеточной селекции растений» в среднесрочном периоде ставится задача по внедрению в практику новых перспективных форм, созданных на основе использования дигиплоидных технологий и методов культуры клеток и тканей *in vitro*, и создание маточных питомников промышленно ценных видов растений на основе использования методов клонального размножения.

В рамках тематики: «Создание генетически модифицированных микроорганизмов для использования в конструировании вакцинных препаратов» в среднесрочном периоде ставится задача по выпуску опытных партий вакцинных препаратов для особо опасных болезней животных.

В рамках тематики: «Разработка технологий получения компонентов для иммунодиагностических тест-систем» в среднесрочном периоде ставится задача по выпуску опытных партий иммунных диагностических тестов животных.

III. Долгосрочное видение

Долгосрочное видение предусматривает:

1. Создание современной иммунно-диагностической системы для экспресс анализа болезней животных.
2. Создание новых высокоэффективных вакцинных препаратов для особо опасных болезней животных.
3. Создание Генетического Банка ресурсов животных и растений Республики Казахстан.
4. Создание базы данных генетического разнообразия животных и растений, идентификация специфических генов, определяющих ценные признаки животных и растений.
5. Создание новых ценных пород животных, устойчивых к болезням и неблагоприятным факторам окружающей среды, на основе сочетания использования методов традиционной селекции и геномных технологий нового поколения.
6. Внедрение ценных наборов SNP-маркеров в селекционный процесс для создания новых сортов растений, устойчивых к неблагоприятным факторам окружающей среды.
7. Внедрение в селекционную практику технологий направленной модификации геномов растений для создания новых линий и сортов растений.
8. Внедрение современных методов клеточной селекции в селекционный процесс по созданию перспективных линий растений.
9. Организация новых питомников и резерватов промышленно ценных видов растений на основе использования методов микроклонального размножения.
10. Создание интегрированной информационной базы данных по развитию агробиотехнологии сельскохозяйственных культур республики.
11. Развитие центров по распространению знаний в области новейшей агробиотехнологии.

В рамках тематики «Совершенствование методов геномной селекции животных» в долгосрочном периоде ставится задача по созданию базы данных с детальной геномной и фенотипной характеристикой пород животных, зарегистрированных в Государственном реестре селекционных достижений РК. Кроме того, будут созданы новые ценные породы животных на основе сочетания использования методов традиционной селекции и геномных технологий.

В рамках тематики «Разработка методов редактирования геномов хозяйственно ценных видов растений для повышения продуктивности, устойчивости к болезням и неблагоприятным факторам внешней среды» в долгосрочном периоде ставится задача по созданию новых сортов ключевых видов сельскохозяйственных культур на основе сочетания методов традиционной селекции, новых геномных технологий и методов целенаправленного редактирования геномов.

В рамках тематики: «Разработка и совершенствование методов клеточной селекции растений» в долгосрочном периоде ставится задача по интеграции методов клеточной селекции в рутинный селекционный процесс для создания новых форм растений и для исследований по сохранению генетических ресурсов страны.

В рамках тематики: «Создание генетически модифицированных микроорганизмов для использования в конструировании вакцинных препаратов» в долгосрочном периоде ставится задача по созданию новых апробированных и эффективных вакцинных препаратов для особо опасных болезней животных с использованием технологий генетической модификации микроорганизмов.

В рамках тематики: «Разработка технологий получения компонентов для иммунодиагностических тест-систем» в среднесрочном периоде ставится задача по созданию автоматизированных систем иммунной диагностики для наиболее опасных заболеваний животных.

5. Целевые индикаторы

Целевые индикаторы в рамках тематики: «Совершенствование методов геномной селекции животных»:

- Выявлено генетическое разнообразие отечественных пород животных на основе использования высокоскоростного ДНК-генотипирования организмов.
- Будет идентифицирован набор ДНК-маркеров, связанных с ценными признаками животных, для повышения эффективности селекционного процесса.
- Будут созданы новые породы животных (не менее 3) на основе использования сочетания методов традиционной селекции и новых геномных технологий.
- Результаты исследований будут опубликованы в международных научных журналах с высоким импакт-фактором (не менее 4).

Целевые индикаторы в рамках тематики: «Разработка методов редактирования геномов хозяйственно ценных видов растений для повышения продуктивности, устойчивости к болезням и неблагоприятным факторам внешней среды»:

- Будет оценено генетическое разнообразие основных сельскохозяйственных видов растений на основе использования ДНК-анализаторов нового поколения.
- Будут идентифицированы наборы ДНК-маркеров, связанных с адаптацией растений к условиям выращивания и устойчивости к стрессовым факторам окружающей среды.
- Будут разработаны и внедрены в селекционный процесс технологии целенаправленной модификации геномов растений.
- Будут созданы новые перспективные линии и сорта (не менее 12) основных зерновых культур на основе сочетания методов традиционной селекции, геномных технологий и методов модификаций геномов.
- Результаты исследований будут опубликованы в международных научных журналах с высоким импакт-фактором (не менее 12).

Целевые индикаторы в рамках тематики: «Разработка и совершенствование методов клеточной селекции растений»:

- Создание новых форм растений на основе использования гаплоидной технологии и методов преодоления генетической несовместимости при отдаленной гибридизации дикорастущих и культивируемых видов растений.
- Методы криоконсервации и хладохранения будут интегрированы в национальные программы по сохранению генетических ресурсов страны.
- Будут созданы питомники и резерваты промышленно ценных видов растений на основе использования современных методов микрклонального размножения.
- Будут получены патенты (не менее 5) на разработанные методы культуры клеток и тканей для культивируемых и дикорастущих видов растений.
- Будут опубликованы научные статьи в высокорейтинговых международных научных журналах (не менее 3).

Целевые индикаторы в рамках тематики: «Создание генетически модифицированных микроорганизмов для использования в конструировании вакцинных препаратов»:

- Будут созданы новые вакцинные препараты для опасных вирусных заболеваний на основе использования генетически модифицированных микроорганизмов.
- Будут получены патенты (не менее 3) на созданные вакцинные препараты.
- Будет осуществлен выпуск 3 опытных партий вакцинных препаратов
- Будут опубликованы научные статьи в высокорейтинговых международных научных журналах (не менее 5).

Целевые индикаторы в рамках тематики: «Разработка технологий получения компонентов для иммунодиагностических тест-систем»:

- Будут созданы и оптимизированы существующие методы иммунодиагностических тест-систем на основе использования современных достижений в области геномики и протеомики.
- Будет получено не менее 5 патентов на новые диагностические методы определения болезней.
- Будет осуществлен выпуск 3 опытных партий иммуно диагностических тестов.
- Будут опубликованы научные статьи в высокорейтинговых международных научных журналах (не менее 3).

6. Научно-технологические разработки в отрасли агробιοтехнологии (базовые технологии)

К числу базовых технологий по отобранным тематикам агробιοтехнологии следует отнести:

- новые геномные технологии с использованием ДНК-анализаторов второго (454 Life Science, Illumina, Life Technologies) и третьего поколения (Pacific Biosciences, Ion Torrent) для массивного параллельного генотипирования и секвенирования геномов, и анализа экспрессии генов;
- технология KASP для эффективного SNP-генотипирования большого количества образцов;
- генно-инженерные модификации генов с использованием плазмидных технологий и методов биолистики и бактериальной трансформации;
- методов культуры клеток, тканей и органов растений *in vitro*;
- методы гаплоидной технологии;
- методы криосохранения и хладохранения ценных и редких генетических видов растений;

- технологии инактивированных, рекомбинантных, цельно-вирионных, нано-вакцин, спилит-вакцин и т.д.
- технология создания диагностических препаратов на основе реакции нейтрализации, реакции связывания комплементов, иммунно-ферментного анализа, моноклональных антител, диффузной преципитации, биочипов, мультиплексного анализа и т.д.

На основе приведенных базовых технологий отрасли агропромышленного комплекса получают новые возможности для расширения генетического потенциала и использования генетических ресурсов в селекционных исследованиях по созданию новых сортов растений и пород животных с высокими показателями продуктивности и устойчивости к стрессовым факторам окружающей среды. Современные ДНК-технологий, нано- и клеточные технологий, технологии моноклональных антител будут использованы для создания профилактических и диагностических препаратов нового поколения.

7. Стратегии/Программы развития направления

Основными стратегическими программами по развитию агробiotехнологии являются следующие государственные документы:

- 1) Послание Президента Республики Казахстан - Лидера Нации Н.А.Назарбаева Народу Казахстана «Стратегия «Казахстан-2050» - Новый политический курс состоявшегося государства» от 14 декабря 2012 г.
- 2) Указ Президента Республики Казахстан от 18 декабря 2012 года № 449 О мерах по реализации Послания Главы государства народу Казахстана от 14 декабря 2012 года "Стратегия "Казахстан-2050": новый политический курс состоявшегося государства"
- 3) Государственная программа по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010-2014 годы, утвержденная Указом Президента Республики Казахстан № 958 от 19 марта 2010 года.
- 4) Закон Республики Казахстан «О науке» № 407 IV-ЗРК от 18 февраля 2011 года.
- 5) Программа «Развитие агропромышленного комплекса в Республике Казахстан на 2013-2020 годы» №449 от 18 декабря 2012 года
- 6) Концепция развития биотехнологии в Республике Казахстан до 2020 года. Национальный Центр Биотехнологии Республики Казахстан -2013 г.

В Стратегии «Казахстан-2050» сказано: **«Нам нужен трансферт необходимых стране технологий и обучение специалистов для их использования.** Кроме того, мы вполне можем активно участвовать в масштабных **международных научно-исследовательских проектах.** Это даст нам возможность **интегрировать** усилия наших ученых с зарубежным научно-исследовательским сообществом по стратегическим инновационным направлениям. Наша цель – стать частью глобальной технологической революции. Мы должны уже в 2013 году принять меры по полноценной **кооперации науки и бизнеса».**

В Общенациональном плане мероприятий по реализации Послания Главы государства народу Казахстана от 14 декабря 2012 года «Стратегия «Казахстан - 2050»: новый политический курс состоявшегося государства» одними из **основных мероприятий отмечено** «Принятие Программы развития агропромышленного комплекса страны до 2020 года, направленной на: масштабную модернизацию сельского хозяйства с учетом растущего глобального спроса на продовольствие; увеличение к 2020 году объема государственной поддержки сельского хозяйства в 4,5 раза; значительный рост урожайности; увеличение посевных площадей; внедрение новых технологий; создание кормовой базы животноводства мирового уровня; определение видов продовольственной продукции, массовое производство которой позволит завоевать крупные экспортные рынки; создание национальных конкурентоспособных брендов с акцентом на экологичность, обеспечив вхождение страны в разряд глобальных игроков в области

экологически чистого производства; выработать систему законодательных и экономических стимулов по созданию средних и крупнотоварных сельскохозяйственных производств, ориентированных на внедрение новейших агротехнологий».

В Программе по развитию Агропромышленного комплекса на 2013-2020 гг. отмечено, что урожайность по основным зерновым культурам находится на низком уровне в сравнении с мировыми показателями урожайности, урожайность кормовых культур падает, что связано с неэффективной структурой землепользования. Растущие потребности животноводства качественными комбикормами обеспечиваются недостаточно. Уровень фитосанитарной безопасности в Республике Казахстан находится на удовлетворительном уровне с низким количеством случаев запрета на вывоз продукции растениеводства из Казахстана. В связи с тем, что большая часть поголовья сосредоточена в хозяйствах населения, отрасли животноводства присущи такие характеристики как низкий генетический потенциал животных и связанная с этим низкая продуктивность, отсутствие использования современных технологий содержания, кормления и других технологий, обеспечивающих продуктивность и качество продукции, недостаточный уход за здоровьем животных. При этом баланс экспорта-импорта ключевых продуктов переработки показывает большую импортозависимость Казахстана по ряду продуктов.

Современное состояние отраслевой аграрной науки Казахстана характеризуется недостаточным финансированием, отсутствием мотивации к повышению результативности труда ученых, трудностями во внедрении научных разработок, недостаточным развитием системы распространения знаний, устаревшей научно-технической инфраструктурой, старением научных кадров, неразвитым уровнем трансферта передовых зарубежных технологий, отсутствием доступного финансирования на начальных этапах внедрения инноваций, неразвитым спросом на инновационные разработки и др.

Вместе с этим, документ, состоящий из 97 страниц, не упоминает о возможностях использования новых биотехнологий, включая геномные технологии нового поколения, и не подразумевает интеграции научных учреждений МОН РК и МСХ РК. Учитывая сложившуюся ситуацию, существует острая необходимость в финансировании межведомственных научно-исследовательских программ по разработке и внедрению в практику новых геномных технологий и биоинформатики для повышения продуктивности сортов растений и пород животных. Ярким примером эффективности такой кооперации является сельскохозяйственная кооперативная программа Triticeae в США (Triticeae CAP). Программа объединяет более чем 20 научных организаций (Рис. 1) Университетов США и отделений департамента сельского хозяйства США (USDA). Целью программы является усиление селекционных программ пшеницы и ячменя и распространение новых знаний, и она объединяет ведущих американских генетиков, селекционеров и специалистов в области биоинформатики.



Рис. 1. Участники кооперативной сельскохозяйственной программы США по пшенице и ячменю. Красными кружками отмечены центры по биоинформатике и изучению качества зерна.

В ходе реализации программы созданы новые геномные библиотеки, генетические и физические карты геномов пшеницы и ячменя, системы для массированного генотипирования на основе использования платформы Illumina, сотни новых перспективных линий и сортов пшеницы и ячменя для всех зерносеющих регионов США, и информативные базы данных по генетическому и морфологическому разнообразию пшеницы и ячменя. Успешное развитие американской программы свидетельствует о необходимости консолидации научных организаций МОН РК и МСХ РК на основе финансирования межведомственных целевых научно-технических программ. Аналогичные программы должны быть разработаны и осуществлены по геномной селекции культивируемых видов животных и по развитию ветеринарной безопасности животных, с привлечением НИИ МОН РК и МСХ РК.

8. Идентификация рынков

Все технологии в направлении Агробиотехнология, предусматриваемые дорожной картой, разрабатываются с целью повышения продовольственной безопасности Республики Казахстан. Следовательно, основными конечными потребителями агробиотехнологии является население Казахстана. Вместе с этим, учитывая высокий потенциал аграрного сектора экономики страны, существуют большие возможности увеличения экспорта зерна и мясной продукции крупного рогатого скота в соседние страны с высокой плотностью населения (Китай, Россия, страны Центральной Азии). В целом можно выделить **три целевые группы реципиентов** результатов выполнения предлагаемых направлений Агробиотехнологии. В **первую группу** необходимо внести государственные организации по регулированию регистрации новых сортов растений и пород животных, селекционные станции и семеноводческие опытные хозяйства по созданию, производству и размножению элитных семян новых сортов сельскохозяйственных культур, селекционные организации и кооперативы по улучшению пород животных, ветеринарные и фитосанитарные службы Республики Казахстан. В частности, успешный трансферт и автоматизация технологии высокоскоростного и массированного ДНК-генотипирования позволило бы повысить необходимые критерии при регистрации новых сортов в службах Государственного сортоиспытания РК (ГСИ) и тем самым, повысить продуктивность, качество и конкурентоспособность отечественных

сортов растений в стране и за рубежом. Внедрение методов ДНК-генотипирования в ГСИ РК является весьма актуальным, учитывая вхождение Казахстана в международный союз УРОV и во Всемирную торговую организацию (ВТО). Другим примером являются селекционные организации АО «КазАгроИнновация» МСХ РК, где результаты по агробиотехнологическим исследованиям могут быть напрямую использованы при создании новых высокопродуктивных сортов растений и пород животных. Наконец, еще одним реципиентом первой группы являются службы ветеринарной и фитосанитарной безопасности РК. Разработка отечественных эффективных методов иммунной диагностики для опасных заболеваний животных и создание новых вакцинных препаратов позволило бы значительно повысить уровень фитосанитарной безопасности во всех регионах страны. Во **вторую группу** реципиентов результатов планируемых исследований могут быть отнесены мелкие и средние фермерские и крестьянские хозяйства, выращивающие сельскохозяйственные культуры и скот. Создание новых высокопродуктивных сортов, устойчивых к стрессовым факторам окружающей среды, и высокопродуктивные породы животных, позволило бы повысить конкурентоспособность малого и среднего бизнеса аграрного сектора, что может благоприятно сказаться на развитии социальной сферы сельских регионов страны. К этой категории могут быть отнесены совместные предприятия с научными центрами и коммерческими компаниями зарубежных стран. К **третьей группе** реципиентов могут быть отнесены крупные аграрные холдинги и зарубежные коммерческие организации. Возможность повышения экспортного потенциала зерновых культур и мясо-молочной продукции позволило бы улучшить макроэкономику и повысить имидж страны в мире. К данной группе можно отнести и зарубежные частные агрокомпании, основавшие свой бизнес в Казахстане. К примеру, одним из малочисленных солодовых предприятий в Казахстане является французская компания Суффле (Soufflet). Компания закупает солод в странах Западной Европы и России по причине отсутствия пивоваренных сортов ячменя в Казахстане. Причем, в летние периоды доходит до того, что предприятие останавливается по причине нехватки солодового материала. Создание новых высокопродуктивных пивоваренных сортов ячменя в Казахстане позволило бы переломить ситуацию, и создать взаимовыгодные условия для сотрудничества. Кроме того, развитие пивоваренной промышленности страны, позволили бы успешно конкурировать отечественным бизнесменам на огромных рынках дальневосточных стран (Китай, Корея, Япония).

9. Основные акторы

Реализация Дорожной карты предполагает объединение материальных и кадровых ресурсов из различных структур и институтов государственного, межгосударственного и частного характера. Основной упор и существенная доля ответственности падает на кадровый состав ученых, работающих в научно-исследовательских институтах и университетах. К таким институтам и университетам, прежде всего, относятся: Назарбаев Университет, Национальный Центр биотехнологии, Институт биологии и биотехнологии растений, Институт проблем биологической безопасности, Институт молекулярной биологии и биохимии им.М.А.Айтхожина, Институт общей генетики и цитологии, ТОО экспериментальной биологии, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Инновационный Евразийский университет, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, НИИ проблем биологической безопасности, Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби, Казахский НИИ животноводства и корموпроизводства.

В этих организациях сосредоточены высококвалифицированные специалисты в области геномной и клеточной инженерии, физиологии и биохимии растений, молекулярной биологии и геномного анализа, клеточной иммунологии и иммунохимии, клеточных технологий. Предполагается тесное взаимодействие институтов при выполнении исследований в рамках дорожной карты.

Предполагается привлечение к участию в реализации Дорожной Карты зарубежные научные коллективы, работающие в ведущих научных центрах и университетах, таких как University of California-Davis Angeles (UCD), Texas A&M University, Purdue University, Duke University, University of Illinois, Cambridge University, Ben Gurion University of the Negev, Rutgers University-New Brunswick, Wellcome Trust Sanger Institute, University of Pittsburg, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, INRA (французский центр сельского хозяйства), John Innes Centre (Великобритания), Институт растениеводства (г. Гатерслебен, Германия). Эти научные центры будут привлекаться в качестве консультативных органов, а также для целевого обучения студентов и профильной подготовки казахстанских специалистов в области агробιοтехнологий.

Также к реализации Дорожной карты агробιοтехнологий предполагается привлечь следующих участников:

- 1) Создаваемый инновационно-образовательный консорциум «Биотехнология»,
- 2) Общественное объединение «Казахстанское общество биотехнологов» как диалоговая платформа,
- 3) Представители уполномоченных органов (МОН РК, МСХ РК, МИНТ РК),
- 4) Госкомпании (АО «Казмунайгаз», АО «Казатомпром», АО «КазАгро» и др.);
- 5) Институты развития (АО "ФНБ Самрук-Казына", Банк Развития Казахстана, АО "Инвестиционный фонд Казахстана", АО "Национальное агентство по технологическому развитию", АО «Фонд развития малого предпринимательства», Государственный центр по содействию инвестициям "Казинвест", АО Парасат и др.).
- 6) Бизнес-структуры (малые, средние биотехнологические предприятия, фармацевтические компании, Общенациональный союз предпринимателей «Атамекен».

10. Необходимые ресурсы для реализации Дорожной карты

Для инициации реализации дорожной карты в стране имеются необходимые кадровые и институциональные ресурсы. Однако для успешной реализации дорожной карты развития агробιοтехнологий необходимо кардинальное увеличение научной базы, кадрового потенциала, инфраструктуры, финансовых ресурсов и трансферта современных технологий. Начиная с 2019 года необходимо существенное увеличение финансирования научных исследований и закупок оборудования для субъектов вовлечённых в реализации дорожной карты.

Для создания современных вакцин для профилактики заболеваний животных, а также получения высокопродуктивных сортов растений, устойчивых к абиотическим и биотическим факторам (2019-2022 гг) необходимо значительное усиление финансирования и оснащения исследовательских и производственных лабораторий. Необходима своевременная подготовка высококвалифицированных специалистов на базе таких университетов как Назарбаев Университет, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Инновационный Евразийский университет, Казахский национальный университет и др. Особое внимание необходимо уделить увеличению количества исследователей со степенью PhD. Кадровый недостаток молодых специалистов со степенью PhD необходимо преодолеть с течением 5-6 лет с момента начала реализации дорожной карты.

С момента реализации дорожной карты важную роль будет играть процесс повышения квалификации кадров (стажировки и тренинги) в ведущих научных учреждениях как в стране, так и за рубежом. Среди зарубежных тренинговых площадок

предполагается привлечение научных коллективов, работающих в ведущих научных центрах и университетах, таких как University of California-Davis Angeles (UCD), Texas A&M University, Purdue University, Duke University, University of Illinois, Cambridge University, Ben Gurion University of the Negev, Rutgers University-New Brunswick, Wellcome Trust Sanger Institute, University of Pittsburg, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, INRA (Франция), John Innes Centre (Великобритания), Институт растениеводства Германии.

Успешная реализация дорожной карты развития биотехнологий невозможна без реализации целенаправленной государственной политики. Речь идет не только о финансовой поддержке, но и о снятии имеющихся регулятивных барьеров (таможенные барьеры, техническое регулирование и т.д.), создании стимулов для формирования отрасли, построении необходимой технологической инфраструктуры, создании спроса на продукцию (законодательное ужесточение ряда требований по экологии и т.д.), координации усилий государства, научных организаций и участников рынка.

11. Риски и ограничения

Основным рисковым фактором для пессимистического развития событий в будущем является недостаток финансирования. Такая ситуация может иметь место в том случае, если финансирование казахстанской науки до 2015 года будет оставаться на уровне ниже 1% от ВВП. В настоящее время этот показатель равен 0,26%. Ведомственная разобщенность исследований в области агробиотехнологий также может оказать негативную роль в реализации сценария.

Научно-технологические риски:

- ♣ Появление принципиально новых заболеваний растений и животных
- ♣ Обострение климатических изменений
- ♣ Усиление дефицита водных ресурсов и деградация почв
- ♣ Биотерроризм и экотерроризм
- ♣ Черные рынки технологий и биоресурсов

Социально-экономические риски

Риски отсутствия (недостатка) финансирования научных разработок и бизнес-проектов в сфере биотехнологии. Реализация Дорожной карты предусматривает финансирование бизнес-проектов в сфере агробиотехнологий за счет бюджетных и внебюджетных средств. Недостаточная доходная база бюджета и плохая конъюнктура рынка капитала, которые не могут быть спрогнозированы с большой точностью, способны привести к недофинансированию бизнес-проектов. В этом случае фактические результаты от реализации Дорожной карты будут хуже ожидаемых результатов. Снизить риски отсутствия (недостатка) финансирования следует за счет реализации схемы государственно-частного партнерства для реализации крупнейших проектов.

Риски нормативной базы и инфраструктуры

Риски связаны с недостаточной проработкой нормативной базы в сфере агробиотехнологий и отсутствием выстроенной системы взаимодействия между наукой и бизнесом, что может препятствовать достижению запланированных результатов.

Риски, связанные с неэффективным управлением реализацией Дорожной карты

Риски обусловлены следующими вероятными событиями: неэффективным использованием ресурсов, срывом сроков выполнения мероприятий, проявлением неучтенных факторов на этапе реализации Дорожной карты.

Снизить данные риски позволит усиление контроля над ходом выполнения предусмотренных мероприятий, совершенствование механизма управления реализацией Дорожной карты и, в случае выявления факторов, способных негативным образом повлиять на ход реализации Дорожной карты, своевременная корректировка запланированных мероприятий.

Риски негативного отношения к реализации Дорожной карты со стороны представителей органов управления, общественности и СМИ.

Снизить данные риски позволит проведение разъяснений основных концепций, целей и идей проводимых мероприятий, структуры расходования средств с целью достижения обществом понимания и принятия предлагаемых мер. Планируемая работа в этом направлении должна проводиться с привлечением специалистов научной среды и непосредственных участников реализации Дорожной карты.

Риски некачественного проведения конкурса для участия в реализации Дорожной карты и экспертизы результатов проведенного конкурса.

Снизить риски позволит проведение контроля соответствия заявленной политики реальному положению дел при проведении конкурсов и экспертиз, а также создание системы мониторинга с привлечением сторонних общественных организаций и общественности. Дополнительным способом снижения рисков должно стать максимальное освещение и прозрачность структуры принятия решения относительно включения в процесс реализации Дорожной карты тех или иных участников.

12. Мониторинг реализации Дорожной карты

Контроль над выполнением хода реализации Дорожной карты предлагается осуществлять Национальному Научному Совету Республики Казахстан (ННС) и Совету руководителей программ по отобранным тематикам исследований. Порядок обеспечения контроля будет напрямую связан с выполнением основных индикаторов и этапов реализации направлений агробιοтехнологии. В связи с трехлетним циклом периодичности выполнения научных проектов и программ, предлагается осуществлять ежегодный анализ выполнения хода реализации Дорожной Карты, с предоставлением трехлетнего отчета выполненных работ в Комитет Науки МОН Республики Казахстан и Национальный центр государственной научно-технической экспертизы. Предлагается наделить ННС и Совет руководителей программ соответствующими полномочиями по управлению и регулированию хода реализации Дорожной Карты.

13. План мероприятий по реализации Дорожной карты

№	Мероприятие	Форма завершения	Ответственные исполнители	Срок исполнения	Источники финансирования
1	2	3	4	5	12
1	Совершенствование методов геномной селекции животных	Научно-исследовательский отчет, уровень генетического разнообразия пород животных, идентификация наборов SNP-маркеров для селекции, новые породы животных	Национальный Центр биотехнологии, Институт общей генетики и цитологии, Институт молекулярной биологии и биохимии, Институт экспериментальной биологии	2030	Государственный бюджет, Частные инвесторы, Международные фонды
2	Разработка методов редактирования геномов хозяйственно ценных растений для придания им признаков повышенной продуктивности, устойчивости к заболеваниям и неблагоприятным факторам внешней среды.	Научно-исследовательский отчет, новые методы геномики и генетической трансформации, уровень генетического разнообразия сортов растений, идентификация наборов SNP-маркеров для селекции, новые сорта растений	Институт биологии и биотехнологии растений, Национальный Центр Биотехнологии, Институт молекулярной биологии и биохимии, Казахский АгроТехнологический Университет, КазНАУ	2030	Государственный бюджет, Частные инвесторы, Международные фонды
3	Разработка и совершенствование методов клеточной селекции растений	Научно-исследовательский отчет, новые методы клеточной селекции, новые перспективные линии и сорта растений, питомники ценных и редких видов растений	Институт биологии и биотехнологии растений, Национальный Центр Биотехнологии Казахский Агротехнологический Университет, КазНАУ	2030	Государственный бюджет, Частные инвесторы, Международные фонды
4	Создание генетически модифицированных микроорганизмов для использования в конструировании вакцинных препаратов.	Научно-исследовательский отчет, новые методы модификации геномов микроорганизмов, новые вакцинные препараты для инфекционных болезней животных	Институт проблем биологической безопасности, Институт микробиологии и вирусологии, КазНИВИ, КазНАУ, ТОО "Антиген"	2030	Государственный бюджет, Частные инвесторы, Международные фонды
5	Разработка технологий получения компонентов для иммунодиагностических тест-систем	Научно-исследовательский отчет, новые методы иммунной диагностики, опытные партии диагностических тестов инфекционных болезней животных	Институт проблем биологической безопасности, Институт микробиологии и вирусологии, Национальный Центр Биотехнологии, КазНИВИ, КазНАУ	2030	Государственный бюджет, Частные инвесторы, Международные фонды

ПАСПОРТ ТЕМАТИКИ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

	Классификационный код тематики научного исследования	ПБ 1.1.6
Наименование тематики научного исследования	Разработка технологий получения биопрепаратов на основе продуцентов биологических активных веществ для нефтяной и химической промышленности, сельского хозяйства и охраны окружающей среды	
<p><u>Сущность исследования, уровень предлагаемых решений/ожидаемых результатов, масштабы применимости ожидаемых результатов.</u> Будут разработаны технологии получения экологически безопасных и экономически эффективных биопрепаратов для нужд сельского хозяйства, нефтяной, химической промышленности, и охраны окружающей среды на основе микроорганизмов-продуцентов биологически активных веществ. Данные разработки будут основой для развитие микробиологической промышленности и переходу Республики Казахстан к зеленой экономике.</p> <p>При отборе и селекции продуцентов биологически активных веществ будут использоваться новые, основанные на последних достижениях методы молекулярной биологии и генетической инженерии. Исследования направлены на разработку биотехнологий получения биопрепаратов, внедрение которых приведет к производству высокоэффективных биопестицидов, биоудобрений, стимуляторов роста растений, средств биоконтроля инфекций растений и животных, феромонов, повышения плодородия почв, биопрепаратов для биоконсерсии органических отходов и растительного сырья, а также переработки грубых и консервации сочных кормов. В области охраны окружающей среды будут разработаны препараты и технологии по очистке природных сред от стойких органических загрязнителей, нефти, нефтешламов, нефтепродуктов и асфальто-смолистых парафиновых отложений, биоконверсии сельскохозяйственных, промышленных и бытовых отходов, а также биоразлагаемые пластики. В целом это позволит существенно оздоровить состояние окружающей среды, обеспечить фитосанитарную оптимизацию агроэкосистем и получить экологически чистую продукции.</p>		
<p><u>Уровень научной новизны и значимости</u> Будут разработаны технологии производства новых биопрепаратов для охраны окружающей среды от различных загрязнителей, повышена степень биологизации сельскохозяйственного производства, что снизит использование химических средств защиты растений и минеральных удобрений.</p> <p>Уровень научной новизны и значимости заключается в том, что при разработке технологий производства биопрепаратов и их использовании будут учтены почвенно-климатические особенности регионов, сортовые различия сельскохозяйственных культур. При создании штаммов продуцентов биологических активных веществ будут использованы современные методы биологического мутагенеза и генетической инженерии. Такой подход обеспечит высокий уровень научных разработок, поскольку продуценты будут обладать повышенной способностью к синтезу биологически активных веществ, необходимой технологической пластичностью и экологической безопасностью.</p>		
<p><u>Прикладная важность исследования (в том числе патентоспособность и возможности для коммерциализации результатов)</u> Предполагаемые разработки обладают высокой прикладной значимостью, т.к. планируемые к разработке биопрепараты востребованы сельским хозяйством республики, а охрана окружающей среды становится приоритетом развития страны, выбравшей курс на зеленую экономику. В производстве препаратов и их реализации могут быть задействованы мелкий и средний бизнес. В то же время биопрепараты позволят повысить уровень биологизации и экологизации сельскохозяйственного производства и, соответственно, её эффективность. В нефтяной промышленности биопрепараты повысят экономическую эффективность добычи нефти и</p>		

<p>экологическую безопасность производства. Результаты исследований патентоспособны и обладают потенциальным коммерческим потенциалом.</p>		
<p><u>Дескриптор и технические характеристики (в том числе индикаторы ожидаемой завершающей стадии исследований)</u> Поставленные задачи должны решаться на основе использования новых технологий отбора, направленного мутагенеза, селекции гиперпродуцентов, широкого использования растительно-микробных симбиотических отношений и отработке оптимальных технологий получения микробных и энзимных препаратов. В конечном счете, это обеспечит насыщение рынка страны биотехнологической продукцией отечественного производства.</p>		
<p><u>Базовые технологии</u> биологический мутагенез, метагеномные исследования, ПЦР, технологии рекомбинантных ДНК.</p>		
<p>Уровень разработок по теме исследования (%), либо граница (в годах) в сравнении с наиболее развитой в данной сфере страной</p>		<p>Возможность самостоятельной разработки (высокая, средняя, низкая)</p>
<p>Уровень разработок по теме исследования 10%, в сравнении с наиболее развитой в данной сфере страной</p>		<p>Средняя</p>
<p>Профессиональные научно-исследовательские группы в области</p>	<p>Отечественные</p>	<p>Национальный центр биотехнологии, Научные центры Агарных Вузов страны, кафедры микробиологии и биотехнологии Национальных Университетов, Институт микробиологии и вирусологии, профильные НИИ МСХ РК</p>
	<p>Международные</p>	<p>Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии (ВНИИСХМ), Институт микробиологии и вирусологии НАН Украины, Институт микробиологии НАН Беларуси, Rutgers University, Washington State University (США), Nagasaki University (Япония), Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, Department of Microbiology, Postharvest Unit. CeRTA. Centre UdL-IRTA, Av. Rovira Roure, Catalonia, Spain. Department of Microbiology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.</p>

ПАСПОРТ ТЕМАТИКИ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

	Классификационный код тематики научного исследования	ПБ 1.3.2
Наименование тематики научного исследования	Разработка технологий направленного биокатализа для фармацевтической, пищевой и перерабатывающей промышленности и сельского хозяйства.	
<p><u>Сущность исследования, уровень предлагаемых решений/ожидаемых результатов, масштабы применимости ожидаемых результатов</u></p> <p>Исследование относится к области инженерной энзимологии, основанной на создании и использовании иммобилизованных ферментов и их комплексов, нативных или полученных с помощью технологий рекомбинантных ДНК, включающих новейшие методы направленной эволюции и молекулярного дизайна, в технологических процессах производства полезных веществ. К такими веществам, в частности, относятся новые лекарства, компоненты пищевых производств, инсектицидов, фунгицидов и др., основанных на хиральных продуктах, веществах, гомогенных по оптической стереоизомерии. Мировой рынок хиральных продуктов бурно развивается, главным образом за счет развития биокаталитических технологий. Предполагается разработка ферментативных методов получения оптически активных веществ (индивидуальных энантиомеров сложных химических синтонов), пригодных для промышленного получения хиральных фармакологических средств, свободных от рацематов, оказывающих опасные побочные эффекты, для переработки вторичных сырьевых ресурсов, в том числе отходов сельскохозяйственного производства в пищевой белок. Ожидаемые масштабы применения разработанных технологий в первую очередь охватывают рынок Казахстана, а также стран таможенного союза.</p>		
<p><u>Уровень научной новизны и значимости.</u></p> <p>Технологии направленного биокатализа в основном пока только разрабатываются в научно-исследовательских лабораториях передовых стран, не выходя за рамки пилотных исследований. Для Казахстана они являются абсолютно новыми. Разработка методов искусственной направленной эволюции или молекулярного дизайна ферментов существенно продвинет рекомбинантные технологии получения новых белков с полезными свойствами, расширяет значимость этих методов за пределы узкой сферы инженерной энзимологии, распространяя их на области медицинских и ветеринарных технологий.</p>		
<p><u>Прикладная важность исследования (в том числе патентоспособность и возможности для коммерциализации результатов)</u></p> <p>Значимость новых технологий направленного биокатализа заключается в том, что их внедрение приведет к появлению на рынке Казахстана нового поколения лекарственных препаратов без опасных побочных эффектов, будет решена проблема безотходного и экологически более безопасного производства кормовых и пищевых белков, аминокислот и витаминов. Новые технологии направленного биокатализа будут включать разработки получения рекомбинантных ферментов, способов их мобилизации на новых носителях, созданных на основе отечественных наноматериалов, поэтому содержат в себе высокий уровень патентоспособности. Внедрение новых технологий в производство, безусловно, предполагает высокую ожидаемую коммерциализацию исследования.</p>		

Дескриптор и технические характеристики (в том числе индикаторы ожидаемой завершающей стадии исследований).

Современные технологии направленного биокатализа включают в себе разработку методов получения модифицированных ферментов, необходимых для производства лекарственных препаратов (например, хиральных антибиотиков), пищевого и кормового белка, а также полисахаридов (пищевых волокон) из отходов переработки сельскохозяйственной продукции. Кроме того важной частью этих технологий является разработка новых носителей для иммобилизации ферментов и технологий их применения. На завершающей стадии исследования ожидается создание технологий на основе направленного биокатализа получения новых лекарственных препаратов (не менее 5), технологий переработки вторичного сельскохозяйственного сырья (не менее 5), получение патентов республиканского и международного уровня (не менее 10), публикация научных статей в международных журналах с высоким импакт-фактором (не менее 5).

Базовые технологии

Технологии рекомбинантных ДНК, микробный синтез, клеточная биотехнология, генная инженерия, нанотехнология биосовместимых материалов, биоинформатика.

Уровень разработок по теме исследования (%), либо граница (в годах) в сравнении с наиболее развитой в данной сфере страной		Возможность самостоятельной разработки (высокая, средняя, низкая)
5-10%		средняя
Профессиональные научно- исследовательские группы в области	Отечественные	Национальный центр биотехнологии, Назарбаев университет, Институт вирусологии и микробиологии, Республиканская коллекция микроорганизмов, Институт химии, Институт горения
	Международные	University of Manchester, Manchester Institute of Biotechnology, National Institute of Pharmaceutical Education and Research, India. Harvard Medical School, US, Emory University, US, University of Wisconsin-Madison, US, Research Centre Jülich, DE, Kyoto University, JP

ПАСПОРТ ТЕМАТИКИ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

	Классификационный код тематики научного исследования	ПБ 2.1.2
Наименование тематики научного исследования	Разработка новых консорциумов микроорганизмов с целью создания заквасок для пищевой, перерабатывающей промышленности и сельского хозяйства с учётом этнокультурных и региональных особенностей.	
<u>Сущность исследования, уровень предлагаемых решения/ожидаемых результатов, масштабы применимости ожидаемых результатов</u>		
<p>В настоящее время в пищевой, перерабатывающей промышленности наиболее широко распространены многштаммовые и поливидовые закваски. Преимуществами таких заквасок, является сочетание в консорциуме целого спектра свойств, входящих в него микроорганизмов, стабильность работы даже в случае поражения одного или нескольких штаммов бактериофагом, взаимная стимуляция микроорганизмов. Важную роль при составлении комбинации играет сочетаемость штаммов, отсутствие взаимного антагонизма. Причинами возникновения антагонистических взаимоотношений между штаммами могут быть: образование антибиотиков, бактериоцинов, оказывающих ингибирующие действие на другие штаммы, различие в скорости роста, конкуренция за ресурсы питательной среды. Имеет значение и высокая активность штаммов, при сочетании которых отбирают комбинации, обладающие ферментативной активностью на уровне самого активного штамма. При подборе микроорганизмов необходимо учитывать требования, предъявляемые к закваскам и концентратам, предназначенным для производства определенного вида продукции. Равновесие штаммов и воспроизводимость свойств консорциума микроорганизмов должно контролироваться в течение большого числа пассажей. Вышеизложенные подходы при разработке бактериальных концентратов позволяют добиться стабильной работы заквасочной микрофлоры в производственных условиях. В результате исследований будут получены новые консорциумы микроорганизмов заквасок для использования в пищевой, перерабатывающей промышленности и сельском хозяйстве, в том числе с учётом этнокультурных и региональных особенностей.</p>		
<u>Уровень научной новизны и значимости</u>		
<p>Уровень научной новизны и значимости высокий, поскольку с целью получения новых видов продукции, в том числе с учётом этнокультурных особенностей, необходимо постоянно получать новые консорциумы микроорганизмов заквасок, что позволит производить переработку продукции с получением продуктов, обладающих новыми полезными свойствами.</p>		
<u>Прикладная важность исследования (в том числе патентоспособность и возможности для коммерциализации результатов)</u>		
<p>Одним из важнейших приоритетных направлений в Казахстане является обеспечение здоровья населения. В настоящее время особое внимание уделяется продуктам функционального назначения, к таким продуктам относятся ферментированные продукты.</p> <p>. Предполагается, что выпуск данных заквасок обеспечит отечественную пищевую и перерабатывающую промышленность высококачественными аналогами, имеющими следующие основные конкурентные преимущества: получение заквасок с высоким количеством жизнеспособных клеток; использование казахстанских стартовых культур и их комбинации; казахстанские закваски должны быть ориентированы на национальные, региональные, возрастные особенности микрофлоры жителей страны; закваски должны вырабатываться с учетом особенностей отечественного сырья. Патентоспособность и возможность для коммерциализации результатов высокие, так как каждый новый вид консорциума возможен для патентования, а новый вид продукта, получаемый с его</p>		

использованием – к коммерческой реализации.		
<u>Дескриптор и технические характеристики (в том числе индикаторы ожидаемой завершающей стадии исследований)</u>		
Будут получены к 2030 году не менее 10 новых консорциумов микроорганизмов заквасок для пищевой, перерабатывающей промышленности и сельского хозяйства, в том числе с учётом этнокультурных и региональных особенностей. Будут получены не менее 10 инновационных патентов и 5 патентов Республики Казахстан. Будут опубликовано не менее 5 статей в зарубежных изданиях с ненулевым импакт-фактором.		
<u>Базовые технологии</u>		
Технологии культивирования штаммов микроорганизмов. Технологии консервирования штаммов микроорганизмов. Технологии ферментации сырья животного и растительного происхождения.		
Уровень разработок по теме исследования (%), либо граница (в годах) в сравнении с наиболее развитой в данной сфере страной		Возможность самостоятельной разработки (высокая, средняя, низкая)
Не более 75 % от общемирового уровня ферментативного производства – отставание менее 5 лет		Высокая. Для ускоренного развития технологии желательно привлечение для совместной работы исследовательских групп из России.
Профессиональные научно-исследовательские группы в области	Отечественные	Национальный центр биотехнологии РК, Институт питания МОН РК НИИ пищевой и перерабатывающей промышленности Вузы: АТУ, СемГУ, ИнЕУ и др.
	Международные	Научные центры пищевой промышленности России, ОмГАУ, УПБт (Москва) и др.

ПАСПОРТ ТЕМАТИКИ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

	Классификационный код тематики научного исследования	ПБ 2.2.2
Наименование тематики научного исследования	Выделение биологически активных веществ из нативных и интродуцированных видов растений на основе использования методов биотехнологий	
<u>Сущность исследования, уровень предлагаемых решения/ожидаемых результатов, масштабы применимости ожидаемых результатов</u>		
Разработка методов выделения, а также получения в промышленных объемах биологически активных веществ на основе биотехнологических подходов позволит усовершенствовать их получение, в том числе и новых, ранее неизвестных, создать современные технологии получения функционально активных пищевых добавок и продуктов, а также незаменимых химических соединений для других отраслей промышленности.		
<u>Уровень научной новизны и значимости</u>		
Научная новизна и значимость тематики исключительно высокие, поскольку выделение природных биологически активных веществ зависит от используемых технологий, а биотехнологические подходы их получения использовались недостаточно. Уникальная флора Казахстана, согласно предварительным исследованиям, содержит исключительно ценные природные соединения, в том числе и новые, обладающие неповторимыми особенностями, для извлечения которых из растительного сырья, необходима разработка биотехнологических методов.		
<u>Прикладная важность исследования (в том числе патентоспособность и возможности для коммерциализации результатов)</u>		
Прикладное значение тематики, патентоспособность и коммерциализация результатов высокие, поскольку разработанные способы получения веществ, выявление их свойств, в том числе и ранее неизвестных, и внедрение полученных результатов в практику позволят повысить конкурентоспособность целого ряда отраслей промышленности, в том числе фармацевтической, пищевой и ряда других.		
<u>Дескриптор и технические характеристики (в том числе индикаторы ожидаемой завершающей стадии исследований)</u>		
Биотехнологические методы, совершенствующие экстракцию биологически активных веществ из растительного сырья, новые источники биологически активных веществ из природной флоры Казахстана и интродуцированных растений, новые, востребованные практикой свойства веществ.		
<u>Базовые технологии</u>		
В качестве научной базы для создания биотехнологий может быть использован опыт накопленный при проведении фундаментальных и прикладных экспериментальных исследований по фитохимии, биохимии и т.п. наукам, а также существующие, в том числе и промышленные, технологии получения экстрактов природных соединений.		
Уровень разработок по теме исследования (%), либо граница (в годах) в сравнении с наиболее развитой в данной сфере страной	Возможность самостоятельной разработки (высокая, средняя, низкая)	
Уровень разработок сильно отстает от общемирового и составляет не более 15-25%	Высокая	
Профессиональные научно-исследовательские группы в области	Отечественные	Институт фитохимии (Караганда), КазНУ (Алматы), ИББР (Алматы) и др.
	Международные	Большинство научных центров изучающих природные вещества растений

ПАСПОРТ ТЕМАТИКИ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

	Классификационный код тематики научного исследования	ПБ 4.1.1
Наименование тематики научного исследования	Получение перспективных штаммов микроорганизмов для биоремедиации почвы и восстановления их плодородия	
<u>Сущность исследования, уровень предлагаемых решения/ожидаемых результатов, масштабы применимости ожидаемых результатов</u> Сущность исследований состоит в поиске и создании микроорганизмов, способных эффективно восстанавливать плодородие почвы. Исследования являются вспомогательным направлением для сельского хозяйства и улучшения экологии в индустриальных регионах, следовательно, масштабы применения ожидаемых результатов являются высокими.		
<u>Уровень научной новизны и значимости</u> Проблема в данном направлении решается в Казахстане с начала 80х годов прошлого столетия и не является новой. Учитывая то, что Казахстан является одной из ведущих аграрных стран в мире, уровень значимости направления является высоким. Высокая значимость направления также обуславливается процессами опустынивания ряда регионов страны. Кроме того, загрязнение почвы в нефтедобывающих и промышленных регионах, требуют дополнительных исследований в данном направлении.		
<u>Прикладная важность исследования (в том числе патентоспособность и возможности для коммерциализации результатов)</u> Учитывая высокое давление антропогенного фактора на окружающую среду и необходимость в восстановлении плодородия и качества почвы, прикладное значение направления является очень высоким. Возможности для коммерциализации является высокими.		
<u>Дескриптор и технические характеристики (в том числе индикаторы ожидаемой завершающей стадии исследований)</u> Дескрипторами являются индексы эффективного использования микроорганизмов в повышении плодородия почвы. Техническими характеристиками направления являются свойства новых штаммов микроорганизмов, способных эффективно восстанавливать плодородие почвы. Индикаторами завершающей стадии являются новые технологии и новые штаммы микроорганизмов с высокой способностью улучшать качество почвы.		
<u>Базовые технологии</u> Базовыми технологиями направления являются биостимуляция и биодополнение для улучшения и восстановления плодородия почвы.		
Уровень разработок по теме исследования (%), либо граница (в годах) в сравнении с наиболее развитой в данной сфере страной		Возможность самостоятельной разработки (высокая, средняя, низкая)
Высокий, до 70% по отношению к развитым странам мира.		высокая
Профессиональные научно-исследовательские группы в области	Отечественные	Институт микробиологии и вирусологии КН МОН РК, НЦБ РК, лаборатории Государственных Университетов Казахстана
	Международные	Научные центры ЕС, России, Китая, США