

На правах рукописи

Петухова Марина Сергеевна

**ДОЛГОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ
ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА РОССИИ**

Специальность 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством
(экономика, организация и управление предприятиями, отраслями,
комплексами. АПК и сельское хозяйство)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора экономических наук

Новосибирск 2021

Работа выполнена на кафедре экономики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет».

Научный консультант: доктор экономических наук, профессор,
член-корреспондент РАН
Рудой Евгений Владимирович,
ректор ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»

Официальные оппоненты: доктор экономических наук, профессор
Санду Иван Степанович,
заведующий отделом экономических проблем научно-технического развития АПК ФГБНУ «Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства»

доктор экономических наук, профессор
Тю Людмила Васильевна,
руководитель Сибирского научно-исследовательского института экономики сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук

доктор экономических наук
Алещенко Виталий Викторович,
ведущий научный сотрудник Лаборатории экономических исследований Омской области Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина».

Защита состоится 11 июня 2021 г. в 9.00 часов на заседании диссертационного совета Д999.180.03 при Новосибирском государственном аграрном университете по адресу: 630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, зал ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Новосибирского государственного аграрного университета и на официальном сайте НГАУ www.nsau.edu.ru.

Объявление о защите и автореферат диссертации размещены на официальном сайте НГАУ и ВАК РФ.

Автореферат разослан 30 апреля 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд. экон. наук, доц.

А.А. Самохвалова

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования. Одна из главных проблем развития зернового производства России заключается в том, что, несмотря на лидерство нашей страны на мировом рынке зерна, наращивание объемов продукции происходит преимущественно экстенсивным способом, что в будущем может сделать российскую продукцию неконкурентоспособной по цене. Уже сейчас более 80% фермеров США используют в производстве зерновых культур элементы точного земледелия, в Бразилии – 60%. В то время как в России – 10-12%. Применение инновационных технологий в зерновом производстве позволяет сократить его себестоимость на 20-40%. Поэтому отрасль, с одной стороны, может уже в краткосрочной перспективе оказаться на периферии мирового зернового рынка, а с другой – она обладает значительным потенциалом ускоренного научно-технологического развития, которое необходимо сделать более целенаправленным. В связи с этим, первоочередной задачей для российского зернового подкомплекса является выявление приоритетных направлений исследований и разработок, которые в средне- и долгосрочной перспективе обеспечат рост эффективности производства зерновых культур. Для этого разработаны Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 гг., Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплекса РФ до 2030 г. и другие стратегические документы. В зерновой отрасли единственным документом, определяющим приоритетные направления ее развития, является «Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года». Однако данная стратегия имеет обобщенный характер без конкретизации перспективных направлений научно-технического обеспечения зернового производства и индикаторов его научно-технологического развития. Это обуславливает необходимость совершенствования методологии долгосрочного научно-технологического прогнозирования зерновой отрасли в целях разработки научно-обоснованных, объективных и многовариантных прогнозов и стратегий, нацеленных на рост эффективности отрасли на основе повышения ее инновационности.

Гипотезой диссертационного исследования выступает следующее утверждение: научно-технический прогресс в зерновом производстве подчиняется своим внутренним законам, выявление и формулирование которых позво-

лит установить основные его направления в будущем. Т.е. основой исследования станет системный подход к научно-технологическому развитию отрасли и его прогнозированию.

Состояние изученности проблемы. Значительный вклад в разработку теории предвидения и методологии стратегического планирования и научно-технологического развития внесли известные отечественные ученые И.В. Бестужев-Лада, В.В. Ивантер, Л.В. Канторович, Н.Д. Кондратьев, В.В. Леонтьев, а также зарубежные – Б. Мартин, Р. Поппер, М. Реймонд, О. Хелмер и др. В настоящее время общеметодологическими вопросами форсайта занимаются Н.В. Гапоненко, Л.М. Гохберг, А.В. Соколов, Н.В. Шелюбская и др.

Вопросы экономической динамики в различных отраслях экономики анализировали У.Х. Беверидж, С.Д. Бодрунов, С.Ю. Глазьев, У.С. Джевонс, С. Кузнец, С.Н. Кукушкин, Р. Лукас, П. Ромер, Р. Солоу, Р. Харрод, Й. Шумпетер и др. Инновации и инвестиционная деятельность в сельскохозяйственном производстве исследовалась Л.И. Абалкиным, В.В. Алещенко, А.И. Алтуховым, Д. Берналом, Г.В. Беспехотным, Н.А. Борхуновым, В.Р. Боевым, А.П. Гарновым, Л.П. Гончаренко, И.Ю. Скляровым, В.А. Колоколовым, А.Б. Мельниковым, П.В. Михайлушкиным, А.В. Петриковым, И.С. Санду, Л.В. Тю, В.Я. Узуном, И.Г. Ушачевым, С.А. Шелковниковым, О.В. Шумаковой, Ю.В. Яковцом и др. Вопросам развития зернового производства посвящены труды А.В. Голубева, Е.В. Закшевской, В.А. Кундиус, В.И. Нечаева, А.Г. Папцова, П.М. Першукевича, Н.И. Пыжиковой, Е.В. Рудого, А.Т. Стадника, А.И. Трубилина, С.Г. Черновой и др.

Высокие темпы научно-технического прогресса в зерновой отрасли, сложность экономических связей определяют важность повышения достоверности разрабатываемых прогнозов, необходимость дальнейшего совершенствования методологии прогнозирования научно-технологического развития, разработки его новых методов.

Цель диссертационного исследования – научное обоснование и разработка теоретических, методологических положений и практических рекомендаций по долгосрочному прогнозированию научно-технологического развития зернового производства России.

В соответствии с целью решены следующие задачи:

- развиты теоретические и методологические основы научно-технологического развития зерновой отрасли и его долгосрочного прогнозирования;
- уточнена система показателей оценки уровня научно-технологического развития зернового производства;
- проведена оценка уровня инновационного развития зернового производства России;
- усовершенствована методика сценарного прогнозирования научно-технологического развития зернового производства;
- выявлены закономерности научно-технологического развития зернового производства;
- определены приоритетные направления научно-технологического развития зернового производства;
- обоснованы сценарии долгосрочного прогноза научно-технологического развития зернового производства России;
- предложен механизм реализации прогноза научно-технологического развития зернового производства России.

Объект исследования – организационно-экономические процессы, связанные с научно-технологическим развитием зернового производства.

Предметом исследования выступают закономерности, факторы, методы и модели прогнозирования научно-технологического развития зернового производства.

Объект наблюдения – субъекты агропромышленного комплекса, участвующие в разработке и реализации прогноза научно-технологического развития зернового производства: сельхозтоваропроизводители, научно-исследовательские институты, ВУЗы Министерства сельского хозяйства России, селекционные центры и т.д.

Область исследования. Диссертационная работа выполнена в соответствии с п. 1.2.39 «Обоснование прогнозов и перспектив развития агропромышленного комплекса и сельского хозяйства», п. 1.2.40 «Инновации и научно-технический прогресс в агропромышленном комплексе и сельском хозяйстве» Паспорта специальностей ВАК (экономические науки).

Теоретическую и методологическую базу исследования составили: труды отечественных и зарубежных ученых по проблемам долгосрочного раз-

вития отраслей сельского хозяйства, по вопросам разработки методологии прогнозирования научно-технологического развития; законы Российской Федерации, указы Президента и постановления Правительства Российской Федерации, а также иные нормативно-правовые акты стратегического характера; аналитические исследования российских и зарубежных консалтинговых компаний. Исходными материалами послужили статистические сборники СССР и РФ, исторические материалы, данные Федеральной государственной службы статистики, Министерства сельского хозяйства РФ, материалы авторских разработок, техническая и справочная литература.

Методологической базой выступили методы системного анализа, с помощью которых появилась возможность изучения научно-технического прогресса зернового производства как отдельной системы. Использовались монографический, абстрактно-логический и расчетно-конструктивный методы, экономико-математическое и когнитивное моделирование, спектральный анализ, а также совокупность методов форсайта, такие как SWOT, Дельфи, экспертные панели, критические технологии, патентный и библиометрический анализ, сценарии, дорожные карты.

Положения, выносимые на защиту:

1. Сущность системного подхода к научно-технологическому развитию зерновой отрасли.
2. Формирование системы показателей оценки уровня научно-технологического развития зернового производства.
3. Методика сценарного прогнозирования научно-технологического развития зернового производства.
4. Методические основы построения когнитивной карты научно-технологического развития зернового производства России.
5. Закономерности научно-технологического развития производства зерновых культур России.
6. Приоритетные направления научно-технологического развития зернового производства России.
7. Сценарное моделирование долгосрочного научно-технологического развития зерновой отрасли России.
8. Прогноз емкости рынков продукции и технологий в зерновом производстве России.

9. Комплексный механизм реализации прогноза долгосрочного научно-технологического развития зернового производства.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке теоретико-методологических основ и организационно-экономических положений прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития зернового производства.

1. Предложено рассматривать научно-технический прогресс в зерновом производстве как сложную систему «труд-капитал-земля», обладающую множеством особенностей биологического, экономического и технологического характера, которые оказывают влияние на приоритетные направления научно-технологического развития отрасли. Разработаны концептуальные основы прогнозирования научно-технологического развития, учитывающие эти особенности. Решена проблема отсутствия методического единства в создании научно-технических прогнозов посредством построения алгоритма прогнозирования, интегрирующего в себе как методологию форсайта, так и экономико-математического моделирования. Дополнено понятие прогнозирования научно-технологического развития отрасли целенаправленным воздействием на ключевой фактор зернового производства, определяющим приоритетные направления развития науки, техники и технологий в отрасли.

2. Определена система показателей для оценки уровня научно-технологического развития зернового производства на основе анализа производственной степенной функции, где в отличие от традиционных моделей, факторами выступают производительность труда, фондоотдача и урожайность зерновых. Эти показатели отражают эффективность использования факторов производства, высокие значения которой достигаются при использовании современных технологий зернового производства. Показано, что регионы, внедряющие инновации в производство зерна, имеют наибольшие показатели эффективности использования факторов (например, Южный федеральный округ). Рассчитано, что в целом по России затраты на технологические инновации за 5 лет с 2015 г. выросли в 6 раз, количество приобретенных новых технологий увеличилось в 8 раз, при этом, финансирование исследований и разработок в отрасли снизилось на 25,8%. Произведена группировка показателей научно-технологического развития отрасли по уровню влияния на основные факторы зернового производства, позволяющие рассчитывать более точные и подробные

прогнозы. Предложено определять ключевой фактор на основе анализа параметров построенных производственных функций: фактор с наибольшим коэффициентом эластичности используется наиболее эффективно и оказывает самое сильное влияние на рост валового сбора зерна.

3. Усовершенствована методика сценарного прогнозирования научно-технологического развития зернового производства добавлением в нее когнитивного моделирования. Для этого выделяется совокупность субфакторов, оказывающих влияние на основные факторы (производительность, фондоотдача и урожайность), определяются сила и направление связи между ними и строится когнитивная карта. Ее динамический анализ методом обратной задачи (при заданном показателе ключевого фактора) позволяет выявить возможные и наиболее вероятные сценарии научно-технологического развития зернового подкомплекса (увеличение темпов роста эффективности использования ключевого фактора, сохранение существующих тенденций и их снижение).

4. Построена когнитивная карта научно-технологического развития зернового производства России, внутри которой выделены управляющие концепты (ключевой фактор и его субфакторы) и управляемые. Динамическое моделирование необходимо производить посредством воздействия на управляющие концепты. Анализ коэффициентов парной корреляции показал, что для фондоотдачи управляющими субфакторами являются количество техники на 1000 га сельхозугодий и энергообеспеченность ($r=0,9$); для производительности труда – приобретение новых технологий ($r=0,8$), нагрузка на сельхозтехнику и количество высокопроизводительных рабочих мест ($r=0,7$); для урожайности – использование новых селекционных достижений, внесение минеральных удобрений и средств защиты растений ($r=0,8$).

5. Определено, что основным интегральным показателем научно-технологического развития зернового производства выступает показатель урожайности зерна. На основе ретроспективного и спектрального анализа построена динамика изменения урожайности зерновых с 1929 по 2019 гг. где выделено 5 полных периодов с постоянным уровнем технического развития длительностью около 17 лет. Начало периодов совпадает с различными технико-технологическими совершенствованиями процесса производства зерновых культур. Последний выявленный период начался в 2015 г. и продолжится до 2031 г. С помощью построения производственной функции и анализа коэффи-

циентов эластичности для периодов определен ключевой фактор. В период с 1998 по 2014 гг. – это земля и труд (коэффициенты эластичности равны). В предыдущие два периода ключевым фактором был труд, однако его эффективность в виде производительности со временем снижалась, а вклад урожайности зерна в его валовой сбор рос. Т.е. в настоящем периоде с 2015 по 2031 г. ключевым фактором будет земля, а приоритетные технологии – технологии повышения урожайности зерновых. Расчет скорости изменения урожайности и ее экстраполяция позволила определить среднюю величину урожайности в 2031 г. – 35 ц/га.

6. Обосновано, что приоритетные направления развития науки, техники и технологий в зерновом подкомплексе являются ответами на вызовы, стоящими перед отраслью (снижение плодородия, исчерпание потенциала «зеленой революции», переход на новый технологический уклад и т.д.). Последние, в свою очередь, определяются с учетом глобальных трендов (биологизация, цифровизация, изменение структуры и качества потребительского спроса и др.) и исследовательских фронтов (геномная селекция, биоинформатика, агроэкология, комплексная защита растений). Так как приоритетными технологиями до 2031 г. являются технологии повышения урожайности зерновых культур, то ответами на вызовы отрасли станут биотехнологии эффективной ускоренной селекции, цифровые технологии, точное земледелие, технологии органического и биологизированного земледелия, усовершенствованные технологии фитомелиорации.

7. Разработаны три наиболее вероятных сценария научно-технологического развития зернового производства до 2031 г.: «Технологический рывок» – рост урожайности зерна до 39,5 ц/га на основе полного технико-технологического перевооружения отрасли, развития селекции с использованием современных методов и роста внутренних затрат на исследования и разработки не менее, чем в 2 раза; «Технологическая адаптация» – при сохранении существующих тенденций урожайность зерновых к 2031 г. составит 35 ц/га, при этом состояние материально-технической базы хозяйств не позволит преодолеть технологический предел урожайности, и «Технологическая деградация», в рамках которого произойдет уменьшение посевных площадей вследствие их деградации, сокращение инвестиций в основной капитал, что приведет

к небольшому росту показателя урожайности в 2031 г. по отношению к 2019 г. – до 28 ц/га.

8. Определены новые рынки продукции и технологий в зерновом производстве и произведена прогнозная оценка их емкости. Реализация приоритетных направлений научно-технологического развития зернового производства России приведет к формированию следующих рынков: органического зерна емкостью около \$10 млрд к 2022 г., агrobiотехнологий – \$13,5 млрд к 2024 г., технологий точного земледелия – 25,7 к 2025 г., российских элитных семян – 5,4 к 2026 г., «пакетных решений» – 20 к 2028 г., больших данных – 5 к 2028 г. и фитомелиоративных технологий – 17 к 2030 г. Рынки являются связующим звеном между сферой исследований и разработок и их коммерциализацией и внедрением в производство зерновых культур.

9. Предложен комплексный механизм реализации разработанного прогноза научно-технологического развития зернового производства России, заключающийся в переводе системы в качественно новое состояние на основе интеграции инструментов прогнозирования, управления процессом разработок и исследований, а также внедрения инноваций в технологический процесс. Визуализация такого перевода представлена в виде таймлайна научно-технологического развития зернового подкомплекса, который включает в себя ключевые события, приводящие к появлению новых технологий, продуктов и рынков, а также инструменты и индикаторы развития отрасли на долгосрочный период. Суммарная стоимость реализации приоритетных технологий в производстве зерновых культур составит 264,7 млрд руб. до 2031 г. Перспективными направлениями коммерциализации и внедрения этих технологий являются создание новых бизнес-моделей в селекции зерновых культур; разработка «цифрового фундамента» для цифровизации отрасли; вывод на рынок новых «пакетных» решений (агрохимия + семена с сортовой технологией + цифровые платформы) и стимулирование спроса на агrobiотехнологии.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования заключается в обосновании теоретических и концептуальных основ долгосрочного прогнозирования научно-технологического развития зернового производства, методики сценарного прогнозирования, выявлении закономерностей научно-технологического развития отрасли, а также в разработке его сценариев. Научной и практической значимостью обладают критические технологии

зернового производства, сценарные условия и индикаторы, комплексный механизм реализации прогноза научно-технологического развития России.

Теоретические и прикладные материалы диссертационного исследования применяются Министерством сельского хозяйства РФ, Министерства сельского хозяйства Новосибирской области, в учебном процессе Новосибирского ГАУ, что подтверждено справками о внедрении результатов исследования.

Апробация результатов исследования. Диссертационная работа выполнена в соответствии с тематикой научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет». Автор является руководителем темы «Прогнозирование и мониторинг научно-технологического развития АПК: растениеводство, включая семеноводство и органическое земледелие» (регистрационный номер: АААА-А20-120020690063-3) и основным исполнителем по темам «Исследование влияния изменений в технологии производства продукции растениеводства на урожайность и валовой сбор статистическими методами и формирование вероятных сценариев развития отрасли с помощью моделей логистической динамики» (регистрационный номер: АААА-А20-120041590007-3) и «Разработка стратегии научно-технологического развития отрасли растениеводства, включая семеноводство и органическое земледелие, Новосибирской области до 2035 г.» (регистрационный номер: АААА-А19-119082290021-9), поддержанных Российским фондом фундаментальных исследований.

При участии автора создан Отраслевой центр прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития АПК на базе Новосибирского ГАУ, разработан «Прогноз научно-технологического развития отрасли растениеводства, включая семеноводство и органическое земледелие, России до 2030 года», принятый на научно-техническом совете Минсельхоза РФ.

Результаты исследований неоднократно представлены и обсуждены на региональных, всероссийских и международных научных и научно-практических конференциях в период с 2013 по 2020 гг. в Новосибирске, Красноярске, Москве, Ижевске, Краснодаре, Горно-Алтайске и других городах.

Результаты научно-практической работы автора получили положительную экспертную оценку ведущих специалистов и практиков АПК Новосибирской области, г. Москвы в процессе обсуждения.

Публикации. Основные положения диссертации отражены в 57 научных работах общим объемом 62,7 п.л., из которых 23,9 п.л. – авторские, в т.ч. в 4 монографиях, 5 работах, опубликованных в изданиях баз Scopus и Web of Science (из них 2 статьи в журнале первого квартиля), и в 21 работе, опубликованной в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки РФ.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 244 страницах печатного текста, содержит 27 таблиц, 49 рисунков. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 250 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы, определены цель, задачи, предмет и объект исследования, раскрыты научная новизна и практическая значимость результатов работы.

В первом разделе «Теоретические основы научно-технологического развития зернового производства» раскрыты понятие и сущность научно-технологического развития отрасли, показана роль научно-технического прогресса в долгосрочном экономическом развитии зернового производства, выделены особенности научно-технологического развития зерновой отрасли.

Во втором разделе «Методология прогнозирования научно-технологического развития зернового производства» определены теоретико-методологические основы долгосрочного прогнозирования научно-технологического развития отрасли, описана методика сценарного прогнозирования научно-технологического развития зернового производства.

В третьем разделе «Современное состояние и динамика научно-технологического развития зернового производства России» выделены и проанализированы факторы научно-технологического развития зернового производства, проведены оценка инновационного развития отрасли и ретроспективный анализ динамики урожайности зерновых культур.

В четвертом разделе «Прогноз долгосрочного научно-технологического развития зернового производства России» определены приоритетные направления развития науки и технологий в зерновом производстве нашей страны, обоснованы сценарные условия и прогнозные индикаторы для каждого из сценариев, а также выявлены перспективные для России рынки продукции и технологий отрасли.

В пятом разделе «Механизм и перспективы долгосрочного научно-технологического развития зерновой отрасли России» разработан комплексный механизм реализации прогноза научно-технологического развития зернового производства и определены его перспективы.

В заключении обобщены результаты исследования, сформулированы основные выводы и предложения.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Сущность системного подхода к научно-технологическому развитию зерновой отрасли

Зерновое производство – одна из основных подотраслей растениеводства, обладающая стратегически важным значением для экономики России. Уровень развития данной отрасли определяет степень обеспечения продовольственной независимости страны. Потребители зерновой продукции – это не только население, но и другие отрасли: животноводство, медицина, биотопливная промышленность. В современных рыночных условиях конкурентоспособность продукции зернового производства обеспечивается не только снижением себестоимости, но и повышением ее качества. Одновременное выполнение этих условий возможно лишь с использованием достижений научно-технического прогресса (далее НТП). НТП выступает формой реализации научно-технологического развития (далее НТР) отраслей экономики.

Научно-технический прогресс зернового производства необходимо рассматривать как большую и сложную систему «труд, капитал и земля» с учетом всех прямых и обратных связей между ее элементами, т.е. с позиции системного подхода.

Зерновое производство обладает множеством особенностей, которые накладывают свой отпечаток на способы и методы системного анализа научно-технологического развития отрасли. К ним относятся:

1) существенное влияние природно-климатических условий. Однако соблюдение всего комплекса агротехнологий и использование инновационных технологий способны минимизировать влияние неблагоприятных погодных условий на урожайность зерна;

2) нелинейность развития науки и технологий в отрасли, что обуславливает множество направлений ее развития. Возможны и неожиданные (эмер-

джентные) изменения процесса научно-технологического развития в момент бифуркации;

3) многоукладность при наличии преобладающего технологического уклада. В России имеется небольшая часть сельхозтоваропроизводителей, которые используют новейшие технологии производства, и превалирующая – применяющая морально и физически устаревшие способы производства;

4) нестабильность и неустойчивость научно-технологического развития, что присуще развивающимся системам, к которым относится отечественное зерновое производство. Неустойчивость научно-технологического развития отрасли не следует рассматривать как отрицательное качество, т.к. именно неустойчивость – это условие динамичного развития;

5) рост скорости НТП в отрасли пропорционально увеличивает и сопротивляемость ему системы. В настоящее время это отражается в ограничении использования технологий генной инженерии в селекции и семеноводстве, а также в ускоренной интенсификации производства и деградации почв;

6) наличие качественных сдвигов и скачкообразное развитие. Каждый технологический сдвиг в отрасли, связанный с внедрением инноваций в производство, приводит к существенному скачку в сторону увеличения урожайности зерна. Дальнейшее внедрение этой инновации и массовое ее использование – к постепенному замедлению роста урожайности и, в конечном итоге, к ее снижению до нового технологического сдвига;

7) наличие закономерностей в научно-технологическом развитии зернового производства, и соответственно, его главная особенность – периодичность в форме смены фаз подъема и спада показателя урожайности;

8) периодичность урожайности зерна связана с ее технологическим пределом в рамках используемых техники и технологий, преодоление которого невозможно без их совершенствования, а также с биологическим пределом – который, в свою очередь, преодолевается внедрением селекционных достижений;

9) наличие ключевого фактора, эффективное использование которого оказывает наибольшее влияние на рост объемов производства зерна.

Научно-технологическое развитие зернового производства происходит в форме последовательно сменяющих друг друга периодов, которые предложено называть «периоды с постоянным уровнем технического развития» (далее – пе-

риоды). На их протяжении в производстве зерна преимущественно используются машины и оборудование, находящиеся на одинаковом уровне технико-технологического развития. Переход от одного периода к другому происходит с внедрением в производственный процесс новых, более производительных машин и оборудования. В каждом периоде имеется ключевой фактор (труд, капитал, земля), который оказывает наибольшее влияние на рост валового сбора зерна.

Анализ имеющихся определений научно-технологического развития отраслей экономики показал, что большинство из них не учитывает закономерностей в данном процессе. В связи с этим предложено следующее определение научно-технологического развития зернового производства – это объективный, направленный процесс качественных изменений в технологическом базисе производства на основе научных достижений, проявляющийся в форме непрерывной смены периодов с постоянным уровнем технического развития, обусловленных наличием закономерностей различного характера, а также биологического и технологического пределов урожайности зерна.

Стоит отметить еще одну особенность научно-технологического развития зернового производства, заключающуюся в консерватизме отрасли в плане внедрения инноваций, поэтому научно-технические революции ей не свойственны. Здесь преобладает эволюционный научно-технический прогресс. В тоже время, восприимчивость сельхозпроизводства к инновациям и наличие громадного потенциала для роста создают благоприятные инвестиционно-инновационные условия для ускорения научно-технического прогресса в отрасли.

Учитывая значение зернового производства для обеспечения продовольственной безопасности нашей страны, крайне важно научиться прогнозировать направления и темпы развития науки и технологий в отрасли, позволяющие увеличить объемы производства и качество производимого зерна. Реализация системного подхода к прогнозированию научно-технологического развития зернового производства требует решения следующих методологических проблем:

- 1) обеспечение методического единства в разработке научно-технологических прогнозов;

2) сравнение эффективности вариантов научно-технического прогресса для обоснования предлагаемых альтернатив;

3) обеспечение «незамкнутости» прогноза в целях дальнейшей, более детальной проработки отдельных направлений научно-технологического развития.

Вышеуказанные положения предопределяют необходимость совершенствования концептуальных основ прогнозирования научно-технологического развития для разработки качественных и объективных прогнозов, отвечающих современным вызовам в зерновом производстве (рис. 1).

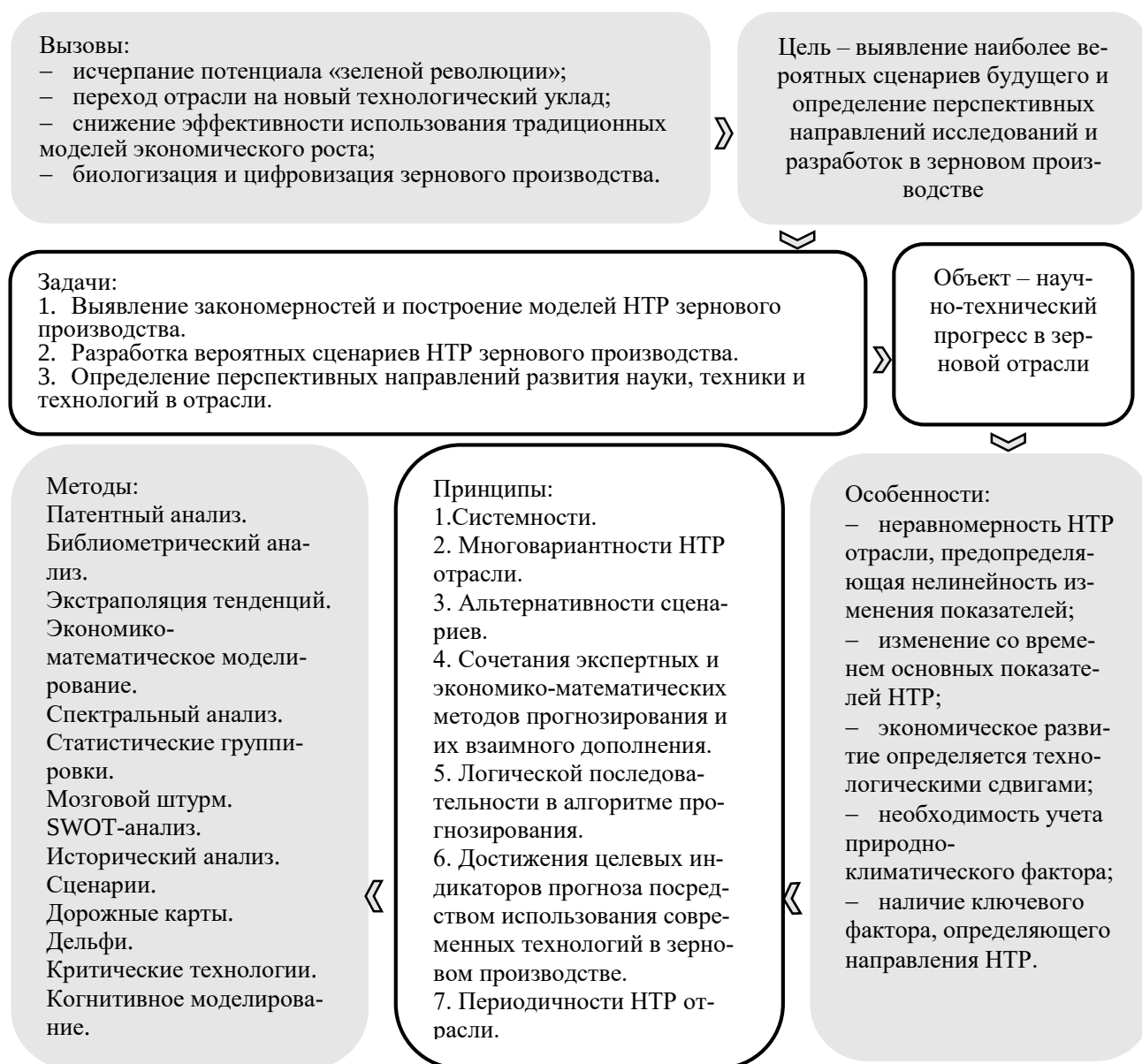


Рисунок 1 – Концептуальные основы прогнозирования научно-технологического развития зернового производства

Разработка прогноза научно-технологического развития зерновой отрасли предопределена наличием ряда вызов, таких как истощение потенциала «зеле-

ной революции», переход отрасли на новый технологический уклад, снижение эффективности использования традиционных моделей экономического роста, а также биологизация и цифровизация зернового производства.

Следует отметить, что объектом прогнозирования в данном случае выступает научно-технический прогресс в отрасли, который и обуславливает особенности, принципы и методы прогнозирования. Один из основных принципов прогнозирования заключается в системности, т.е. требовании рассматривать объект как систему, функционирование которой подчиняется общим закономерностям эволюции.

Методологическая основа прогнозирования научно-технологического развития зерновой отрасли зиждется на теории развития научно-технического прогресса, раскрывающей сущность закономерностей, содержание основных причинно-следственных связей рассматриваемого процесса. Процесс прогнозирования научно-технологического развития отрасли основывается на алгоритме – последовательном применении инструментов прогнозирования (рис. 2).

Согласно данному алгоритму, на первом этапе необходимо посредством анализа динамики показателя урожайности зерна и научно-технического прогресса в его производстве выявить закономерности научно-технологического развития отрасли. Для этого используются исторический метод и выявление причинно-следственных связей. Закономерности выявляются для ретроспективного периода. Далее с помощью графического метода, спектрального анализа и метода статистических группировок выделяются периоды с постоянным уровнем технического развития отрасли, также для ретроспективного периода. На следующем этапе строятся модели для выделенных периодов с использованием инструментов экономико-математического моделирования. На основе выявленных ранее закономерностей появляется возможность строить модели не только для ретроспективного периода, но и для перспективного. Следующие 2 этапа используют методологию научно-технологического форсайта. Библиометрический и патентный анализ, SWOT-анализ и desk-research необходимы для определения вызовов и окон возможностей зернового производства, а также трендов и исследовательских фронтов. С помощью методов критических технологий, Дельфи, мозгового штурма определяются перспективные виды техники и технологии для будущих периодов с постоянным уровнем технического развития.

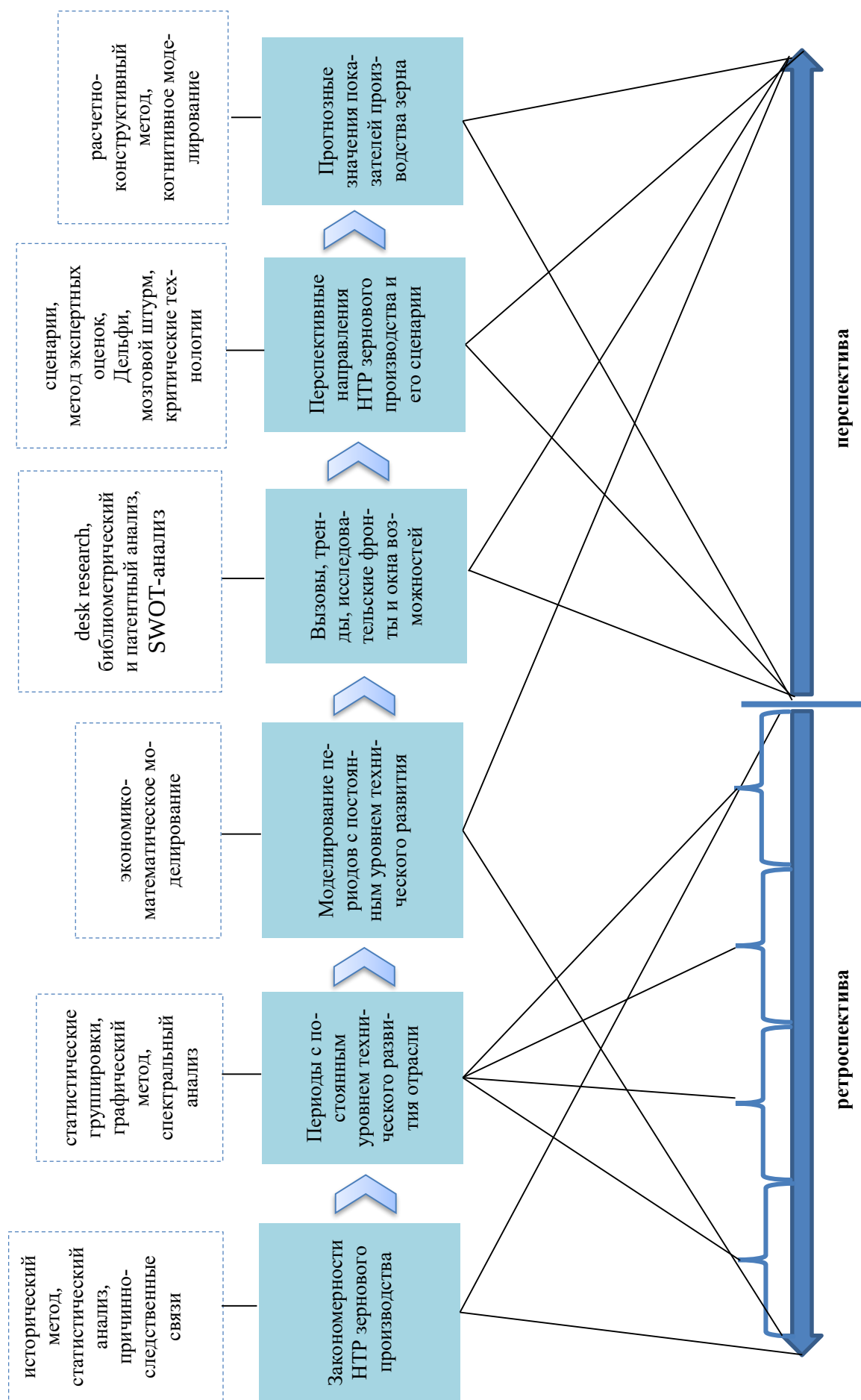


Рисунок 2 – Алгоритм прогнозирования научно-технологического развития зерновой отрасли

Сценарный анализ позволяет выделить несколько альтернативных вариантов научно-технологического развития зернового производства. И, наконец, на последнем этапе на основе расчетно-конструктивных методов рассчитываются прогнозные показатели производства продукции растениеводства с учетом новых направлений научно-технологического развития отрасли.

Исходя из всего вышесказанного, автор предлагает следующее определение прогнозированию научно-технологического развития зернового производства – это научно-обоснованное и долгосрочное предвидение тенденций, наиболее вероятных сценариев и приоритетов развития науки, техники и технологий в зерновой отрасли, определяющихся ключевым фактором, а также создание условий для целенаправленного воздействия на него и управления процессом разработки и реализации инноваций в технологическом процессе.

В результате разработки прогноза научно-технологического развития зерновой отрасли появляется возможность сосредоточить выделенные государством ресурсы на нескольких, наиболее важных для экономики отрасли, направлениях исследований и разработок и выявить их приоритетные области, то есть ключевые научно-технические направления, которые оказывают наиболее существенное влияние на развитие зернового производства.

2. Формирование системы показателей оценки уровня научно-технологического развития зернового производства

Зерновое производство представляет собой систему, которая описывается производственной функцией, т.е. определенным соотношением факторов производства: труд, капитал, земля и их влиянием на валовой сбор зерна. При этом необходимо рассматривать не просто факторы производства, а показатели, характеризующие эффективность их использования: труд – производительность труда, капитал – фондоотдача и земля – урожайность. Так как именно через эффективность факторов производства проявляется научно-технический прогресс в отрасли.

Таким образом, периоды с постоянным уровнем технического развития описываются посредством следующей модели производственной степенной функции:

$$Y = a_0 L^{a_1} K^{a_2} S^{a_3}, \quad (1)$$

где Y – валовой сбор зерна;

L – производительность труда;

K – фондоотдача;

S – урожайность зерна;

a_0, a_1, a_2, a_3 – параметры функции.

Параметры функции a_1, a_2, a_3 – это показатели, оценивающие влияние, соответственно, производительности труда, фондоотдачи и урожайности на величину валового сбора зерновых культур.

Выбор данных показателей в качестве основных при оценивании уровня научно-технологического развития отрасли обусловлен тем, что в настоящее время такая оценка преимущественно происходит с использованием показателей, характеризующих уровень внедрения в технологический процесс инноваций и затрат на них, а не результативности нововведений. Производительность труда, урожайность зерна и фондоотдача определяют эффективность использования основных факторов производства, высокие значения которой достигаются лишь при применении технологических инноваций.

Ускоренное научно-технологическое развитие отрасли возможно только при высоких (выше среднеотраслевых) показателях эффективности одновременно всех факторов производства зерна. Такой уровень среди федеральных округов России наблюдается в Южном федеральном округе (рис. 3). В ЦФО при высоких показателях урожайности зерновых и производительности труда, фондоотдача – низкая. Это говорит об использовании в производстве морально и физически устаревших техники и технологий. В СКФО обратная ситуация – фондоотдача и урожайность – выше среднеотраслевых показателей, а производительность труда – существенно ниже, что означает отсутствие высокопроизводительных рабочих мест в хозяйствах и низкую квалификацию работников.

Таким образом, анализ основных показателей дает возможность оценить уровень научно-технологического развития зернового производства области, макрорегиона или страны. При этом, необходима одновременная оценка и показателей, определенных Стратегией научно-технологического развития России (внутренние затраты на исследования и разработки, доля организаций, осуществляющих технологические инновации и т.д.).

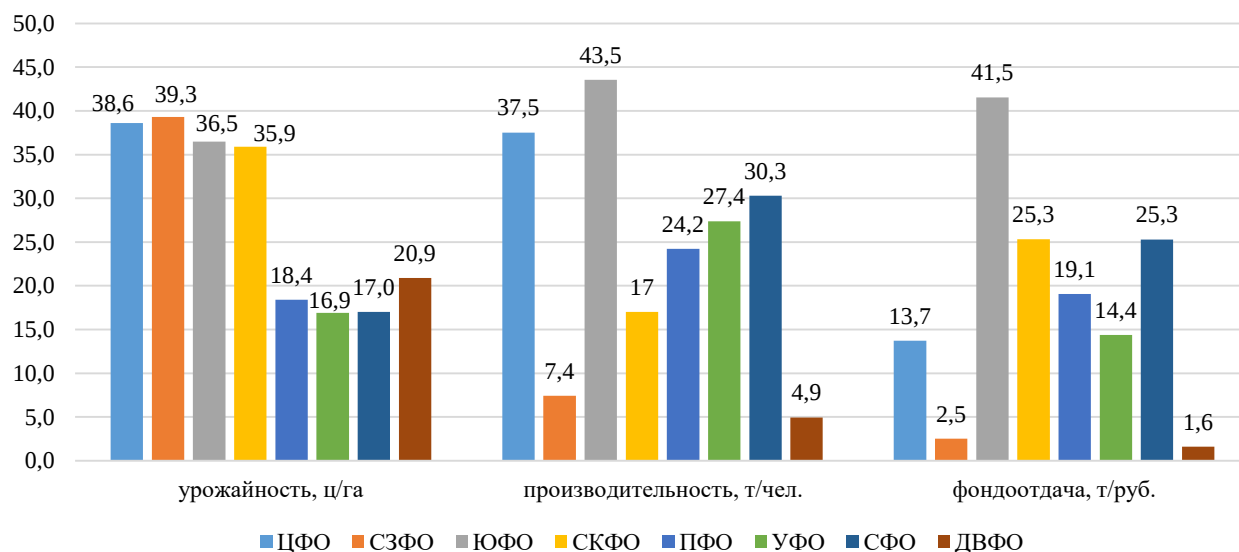


Рисунок 3 – Основные показатели научно-технического прогресса в зерновом производстве по федеральным округам в 2019 г.

В научно-технологическом развитии отрасли растениеводства в целом, и зернового производства в частности, в России происходит увеличение инновационной активности хозяйств в виде роста затрат на технологические инновации более чем в 6 раз за 5 лет с 2015 г., количества приобретенных новых технологий и программных средств – в 8 раз, числа высокопроизводительных рабочих мест – на 86,6% (табл.1).

Таблица 1 – Показатели научно-технологического развития отрасли растениеводства и в т.ч. зернового производства России

Показатели	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Изменение, %
Число высокопроизводительных рабочих мест в растениеводстве, тыс. ед.	318,2	335,1	438,8	516,6	593,8	186,6
Внутренние затраты на научные исследования и разработки в сельском хозяйстве, млн руб.	430,2	583,8	529,0	357,8	319,1	74,2
Затраты на технологические инновации, млн руб.	-	6276,1	8259,1	13307,3	38976,1	621,0
Удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации в растениеводстве, %	-	3,7	6,2	5,2	7,5	202,7
Уровень инновационной активности организаций, занимающихся растениеводством, %	-	4,2	4,2	4,0	4,8	114,3
Количество селекционных достижений, допущенных к использованию, ед.	2313	2678	2359	2368	3498	151,2
Количество приобретенных новых технологий и программных средств в растениеводстве, ед.	-	62	635	242	493	795,2

При этом, финансирование исследований и разработок в отрасли снизилось на 25,8% в период с 2015 по 2019 гг. В общей сумме внутренних затрат на исследования и разработки в России сельскохозяйственным наукам принадлежит 1,7%.

Лидером по использованию технологий точного земледелия в России является ЮФО – 12% хозяйств, по биологической защите растений – СКФО – 20,9%. Т.е. регионы, внедряющие инновации, имеют и более высокие показатели эффективности факторов зернового производства.

Таким образом, комплексное научно-технологическое развитие зернового производства требует одновременного роста производительности труда, урожайности и фондоотдачи на основе внедрения в технологические процессы инноваций, что представляется невозможным в условиях ограниченности и недостаточности финансовых ресурсов для инвестирования в отрасли. Поэтому необходимо научиться определять ключевой фактор производства зерна, который в данный момент времени оказывает наибольшее влияние на увеличение валового сбора, и направлять имеющиеся ресурсы на его развитие. Это возможно с помощью анализа коэффициентов эластичности (параметры a_n) в предложенной ранее модели производственной степенной функции. Максимальное значение параметра a в модели говорит о том, что данный фактор оказывает наибольшее влияние на рост валового сбора зерновых культур. Т.е. эффективность использования факторов производства определяет направления научно-технологического развития отрасли. Например, если труд используется более эффективно (эластичность валового сбора по труду выше, чем по остальным факторам), то он является ключевым фактором, а приоритетными направлениями научно-технологического развития зернового производства станут технологии повышения производительности труда.

Помимо этого, необходимо понять какие субфакторы оказывают влияние на рост эффективности основных факторов производства в целях разработки более подробных и точных прогнозных документов. На рис. 4 представлены основные показатели технико-технологического развития зернового производства (субфакторы), сгруппированные по трем направлениям: производительность труда, фондоотдача и урожайность зерна. Показатели научного развития нельзя отнести к какой-то одной группе, так как они оказывают комплексное влияние на научно-технологическое развитие отрасли в целом.

Труд	Капитал	Земля
Основные показатели технико-технологического развития		
Производительность труда	Фондоотдача	Урожайность зерна
Нагрузка пашни на 1 трактор	Количество тракторов на 1000 га пашни	Внесение минеральных и органических удобрений на 1 га
Нагрузка посевов на 1 зерноуборочный комбайн	Количество зерноуборочных комбайнов на 1000 га посевов	Известкование почвы
Количество приобретенных новых технологий	Ввод в действие новых основных фондов	Гипсование почвы
Среднемесячная оплата труда в растениеводстве	Инвестиции в основной капитал	Площадь посевов с внесенными минеральными и органическими удобрениями
Число высокопроизводительных рабочих мест	Доля машин и оборудования в основных фондах	Обработка химическими и биологическими средствами защиты растений посевов
Энерговооруженность	Энергообеспеченность	Количество селекционных достижений, допущенных к использованию
Основные показатели научного развития		
Внутренние затраты на научные исследования и разработки		
Число зарегистрированных патентов		
Количество публикаций в международных изданиях, входящих в Scopus и Web of Science		

Рисунок 4 – Группировка показателей технико-технологического и научного развития по влиянию на основные факторы зернового производства

Таким образом, научно-технологическое развитие зерновой отрасли должно происходить в форме целенаправленного воздействия на факторы производства зерна, позволяющего повысить эффективность их использования на основе внедрения инноваций. Это позволит в условиях ограниченности финансовых ресурсов, как частных, так и государственных, сосредоточить их на нескольких, наиболее важных для экономики отрасли, направлениях исследований и разработок и выявить приоритетные направления научно-технологического развития зернового производства.

3. Методика сценарного прогнозирования научно-технологического развития зернового производства

Управленческие решения по выбору направлений стратегического развития зернового производства для страны характеризуются высокой степенью неопределенности и необходимостью учета значительного количества факторов, различных по своему происхождению, характеру и силе влияния. Проблемы стратегического управления научно-технологическим развитием зернового производства, для которых традиционные методы исследования являются ма-

лоэффективными, могут быть решены с применением методов нечетких множеств и систем, к которым относится когнитивное моделирование, а также с помощью сценарного прогнозирования. Когнитивное моделирование позволяет определить целевое состояние отрасли в будущем и получить информацию о необходимых в настоящее время управляющих воздействиях на нее. При этом появляется возможность рассматривать различные варианты такого воздействия, т.е. сценарии развития. Автором предложен алгоритм сценарного прогнозирования, основанный на сочетании методов когнитивного и экономико-математического моделирования (рис. 5).



Рисунок 5 – Алгоритм сценарного прогнозирования научно-технологического развития зернового производства

На первом этапе необходимо определить совокупность факторов и субфакторов (уточняющих элементов для каждого фактора) научно-технологического развития зернового производства. В первом случае – это производительность труда, фондоотдача и урожайность зерна, а во-втором – факторы, оказывающие влияние на них (энерговооруженность, внесение минеральных удобрений и т.д.). Среди них определяются управляющие (входные факторы, через которое осуществляется воздействие) и управляемые (которые подвержены воздействию) факторы и субфакторы, а также взаимосвязи между ними с помощью метода парной корреляции или, если это невозможно, с помощью метода экспертных оценок. Субфакторы, оказывающие наибольшее влияние на основные факторы, являются управляющими в последующем динамическом моделировании.

На основе полученной информации строится когнитивная карта научно-технологического развития зернового производства, которая представляет собой причинно-следственную сеть, объединяющую субфакторы (концепты) и их взаимосвязи. Динамический анализ когнитивной карты необходим для построения сценариев научно-технологического развития отрасли. Как говорилось ранее, каждый из периодов имеет свой ключевой фактор. Сценарии зависят от воздействия на него. Если обозначить воздействия в виде: «+1» – увеличение темпов роста фактора, «0» – сохранение существующих тенденций, «-1» – снижение темпов роста, то получим 27 возможных сценариев. Из этого количества необходимо отобрать наиболее вероятные сценарии – различные варианты изменения ключевого фактора. Т.е. получаем обратную задачу: рассчитать с помощью динамического моделирования изменение всех взаимосвязанных субфакторов при заданном уровне ключевого фактора. Для этого строятся линейные регрессионные модели, описывающие взаимосвязи между субфакторами, и рассчитываются прогнозные показатели. Одновременно с этим, необходимо определить сценарные условия в виде набора параметров, определяющих сценарии научно-технологического развития зернового производства.

Таким образом, получим три наиболее вероятных сценария: оптимистичный (увеличение темпов роста эффективности ключевого фактора), базовый (сохранение существующих тенденций изменения эффективности ключевого фактора) и пессимистичный (рост эффективности замедляется). Для оптимистичного сценария необходимо определить приоритетные направления разви-

тия науки, техники и технологий в отрасли, позволяющих достичь значений прогнозных параметров.

4. Методические основы построения когнитивной карты научно-технологического развития зернового производства России

Системный подход ориентирует исследование на раскрытие целостности объекта, выявление многообразия связей между элементами и объединение их в единую теоретическую картину. Необходимость системного подхода обусловлена появлением особых комплексных, многосторонних проблем, не поддающихся традиционным монодисциплинарным и аналитическим приемам и методам. Его роль возрастает в тех сложнейших и динамичных процессах, которыми отличается научно-технический прогресс в зерновом производстве. Одним из наиболее эффективных способов анализа и управления такими сложными системами является когнитивное моделирование, включающее в себя построение когнитивной карты и осуществление модельных экспериментов с помощью динамического моделирования. Когнитивная карта представляет собой казуальную сеть, вершины (концепты) которой – это факторы, определяющие развитие системы, а дуги (графы) – причинно-следственные связи между ними. В общем виде нечеткая когнитивная карта представлена следующим образом:

$$G = \langle E, W \rangle, \quad (2)$$

где $E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$ – множество субфакторов;

W – бинарные отношения на множестве E в виде набора связей между его элементами; $-1 \leq w_{ij} \leq 1$.

На рис. 6 представлен фрагмент когнитивной карты научно-технологического развития зернового производства, полученный с помощью программного обеспечения для когнитивного моделирования «ИГЛА».

Линии на рисунке (графы) означают силу и направление связей между субфакторами. Чем толще граф, тем связь сильнее. Отобраны только сильные взаимосвязи между субфакторами (коэффициенты корреляции больше 0,8). Красным цветом обозначена прямая связь, синим – обратная.

Наличие множества сильных взаимосвязей между субфакторами, определяющими научно-технологическое развитие зернового производства, еще раз говорит о сложности, комплексности и многообразии такой системы как научно-технический прогресс в зерновом производстве.

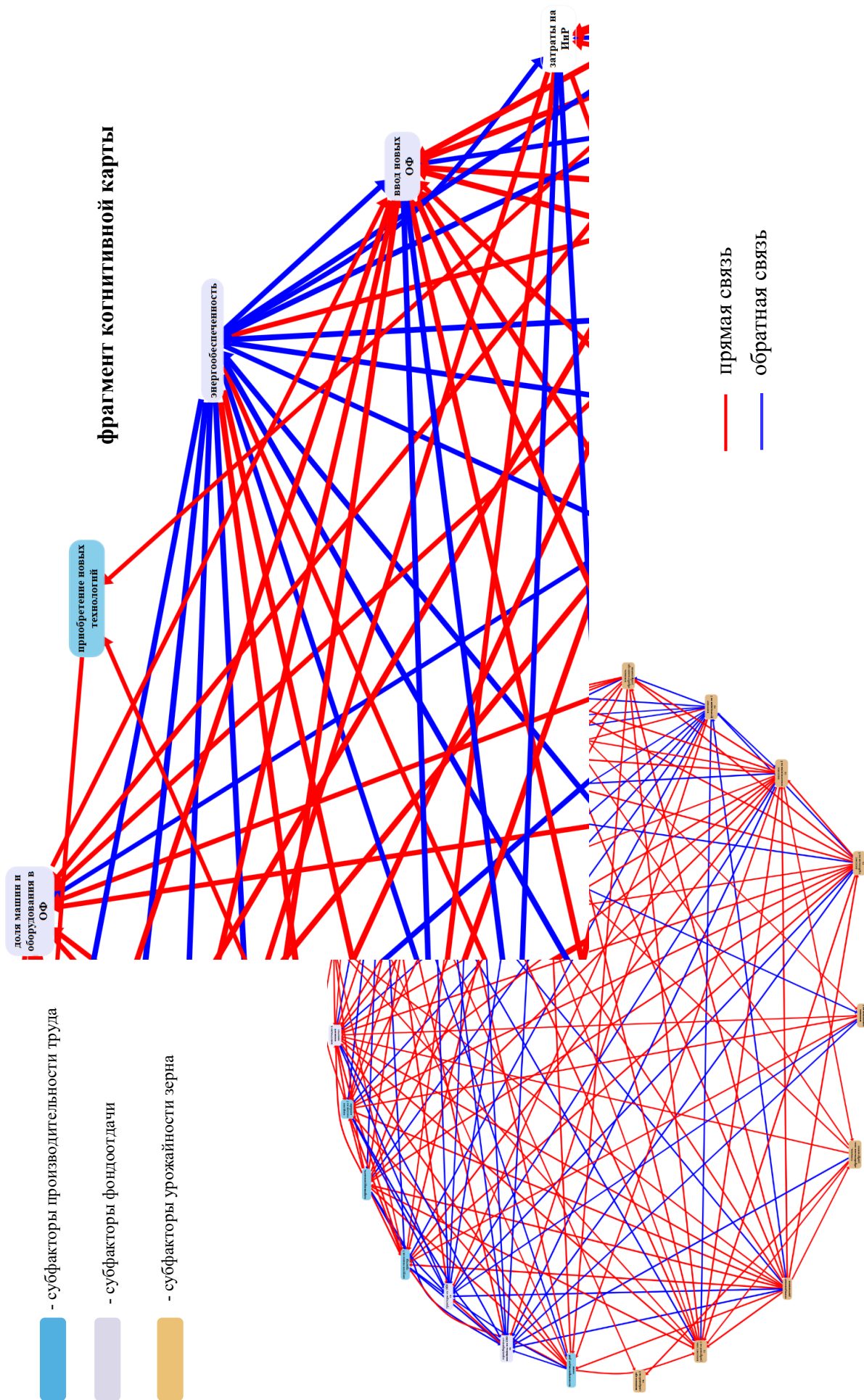


Рисунок 6 – Когнитивная карта научно-технологического развития зернового производства России

Построение когнитивной карты научно-технологического развития зернового производства России необходимо для дальнейшего динамического моделирования и требует определения управляющих и управляемых факторов. Управляющий фактор – это «рычаг», с помощью которого можно оказывать воздействие на систему, а управляемый – фактор, изменяющийся под этим воздействием.

С помощью корреляционного анализа определены управляющие субфакторы для фондоотдачи, производительности труда и урожайности зерна (рис. 7).

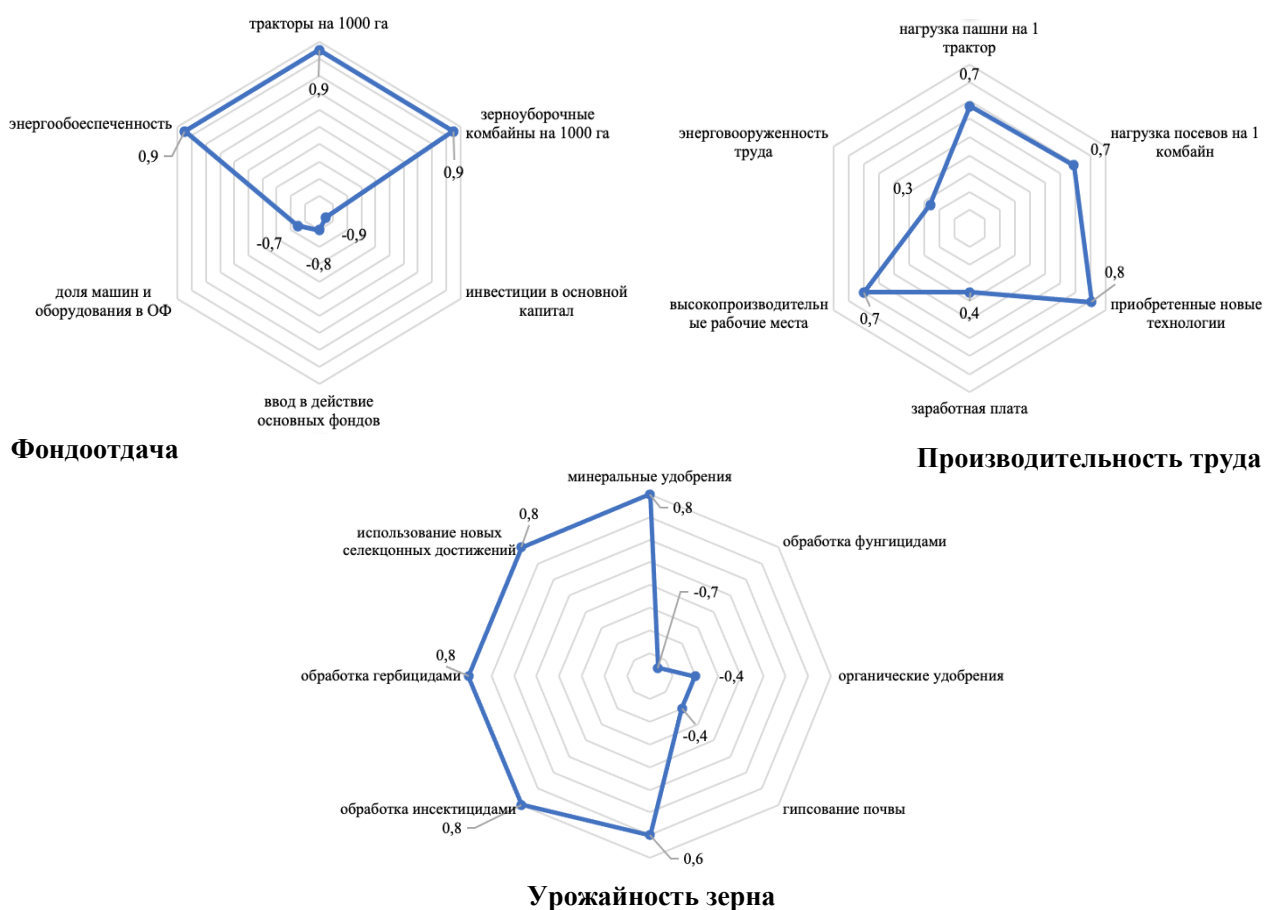


Рисунок 7 – Распределение коэффициентов парной корреляции между субфакторами и факторами научно-технологического развития зерновой отрасли

Наибольшее положительное влияние на показатель фондоотдачи оказывают количество сельхозтехники на 1000 га пашни и энергообеспеченность, отрицательное – инвестиции в основной капитал. На производительность труда наибольшее положительное влияние оказывают приобретение новых технологий, высокопроизводительные рабочие места, а также нагрузка пашни на технику. Наиболее значимые факторы для урожайности зерна – это минеральные

удобрения, обработка урожая средствами защиты растений, селекционные достижения.

Таким образом, когнитивная карта научно-технологического развития зернового производства позволяет проследить изменение управляемых субфакторов при определенном воздействии на управляющие субфакторы. Это необходимо для дальнейшего динамического моделирования и построения различных сценариев развития отрасли. Использование когнитивного моделирования при разработке прогнозных документов научно-технологического развития зернового производства дает возможность целенаправленно воздействовать на определенные факторы производства с целью достижения необходимых показателей развития отрасли.

5. Закономерности научно-технологического развития производства зерновых культур России

Одна из принципиальных установок, утвержденных классической наукой, гласит, что все изменения закономерны, и, чтобы постигнуть грядущее, надо открыть закон этих изменений. Стоит отметить, что научно-технический прогресс в зерновом производстве основывается не только на присущих ему экономических законах, но и на биологических. Для выявления этих закономерностей необходим показатель, который способен отразить в себе все элементы НТП в отрасли (технологические, биологические и экономические). Таким показателем, характеризующим уровень научно-технологического развития зернового производства, является урожайность зерна. Это интегральный показатель, объединяющий в себе информацию о состоянии используемой техники и оборудования, о внесении удобрений, как органических, так и минеральных, об использовании средств защиты растений и т.д. Т.е. динамика показателя урожайности определенной культуры в масштабах региона, страны характеризует научно-технологическое развитие отрасли, ее направления, темпы роста.

Закономерности НТП зернового производства проявляются в виде его периодичности, т.е. непрерывного процесса смены периодов с постоянным уровнем технического развития, каждый из которых имеет фазы подъема, достижения своего максимального значения и спада. На рис. 8 представлена такая периодичность с 1929 по 2019 гг.

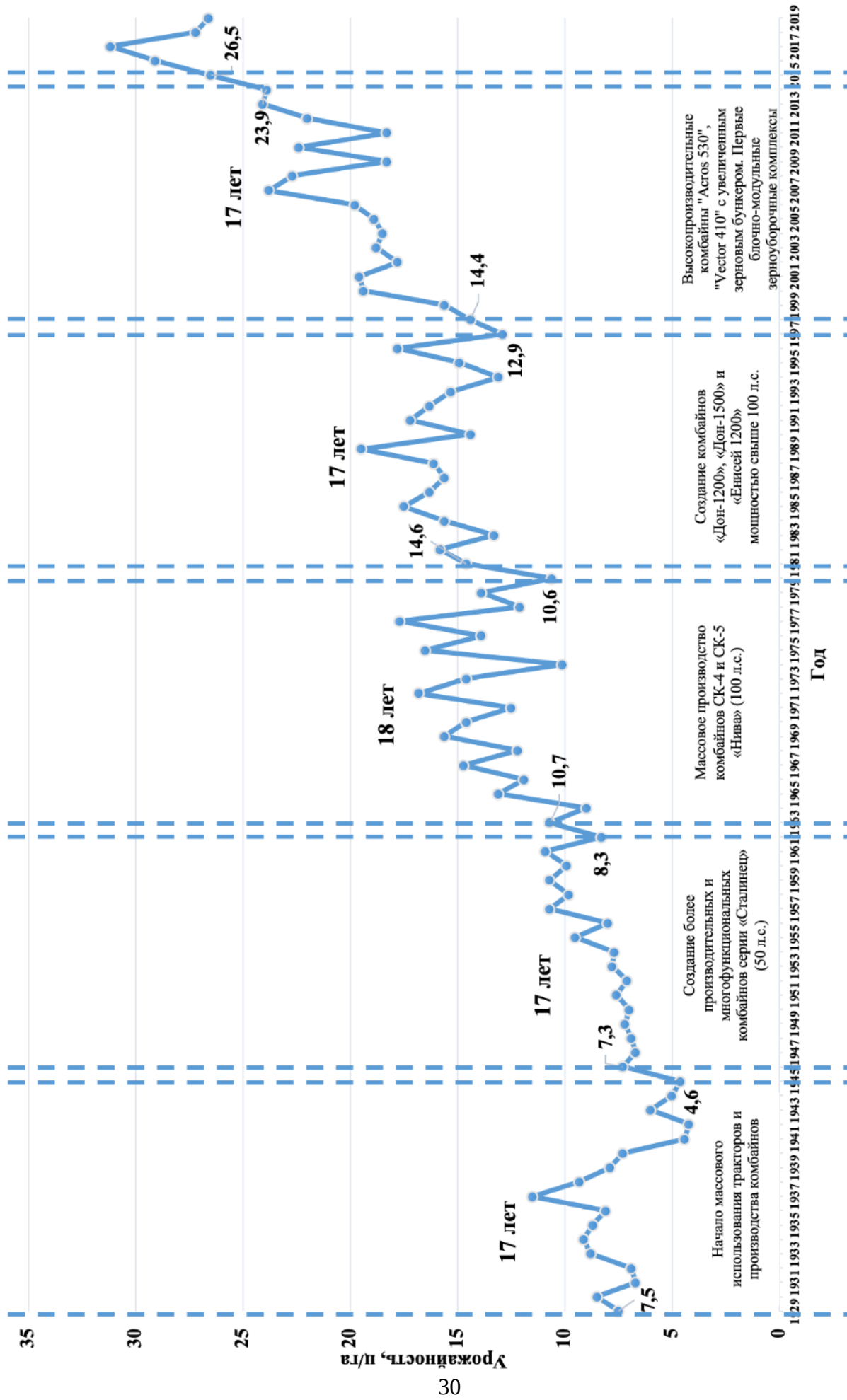


Рисунок 8 – Периодичность научно-технологического развития зернового производства с 1929 по 2019 гг.

В 1929 г. произошел существенный рывок в производстве сельскохозяйственной техники и массовое использование тракторов в зерновом производстве. Поэтому этот год был выбран в качестве начальной точки для данного исследования. Начало каждого следующего периода связано с внедрением в производство новых видов техники и технологий возделывания и уборки культур, что, соответственно, приводило к росту урожайности, повышению качества продукции и увеличению ее объемов.

Периодичность зернового производства определялась методом спектрального анализа в программе Statistica, в результате которого выявлены 17-летние периоды (округленное значение, точное – 16,3 года). Выделено 5 полных периодов и последний – шестой, который начался в 2015 г. и еще не окончился. Этим периодам соответствует наибольшее значение спектральной плотности.

В результате исследования выявлено, что данная периодичность совпадает с цикличностью солнечной активности, которая, согласно английскому экономисту У. Джевонсу, оказывает влияние на колебания урожайности зерновых, а это, в свою очередь, порождает промышленные и торговые циклы. Проведенный анализ показал, что периоды увеличения урожайности зерна связаны с разнообразными достижениями в области сельскохозяйственного машиностроения, которые позволяли увеличивать мощность и производительность машин.

Для каждого периода необходимо выявить наиболее эффективный фактор – ключевой, и изучить динамику его изменения. Рост его эффективности говорит о начале периода, когда происходит резкое увеличение показателей урожайности и валового сбора зерна. Уменьшение – о том, что период подходит к своему концу, происходит снижение эффективности техники и технологий, которые используются в этом периоде.

Рассмотрены три периода с постоянным уровнем технического развития (1963-1980, 1981-1997, 1998-2014 гг.). Для каждого из периодов построены модели степенной производственной функции:

Для периода 1963-1980 гг. модель выглядит следующим образом:

$$Y = 17,1L^{1,3}K^{-0,2}S^{0,17}.$$

Период 1981-1997 гг.:

$$Y = 1,09L^{0,76}K^{0,3}S^{0,26}.$$

Период 1998-2014 гг.:

$$Y = 2,7L^{0,5}K^{0,13}S^{0,5}.$$

Коэффициенты детерминации для уравнений составляют 0,98, 0,85 и 0,74, соответственно, что говорит о надежности и достоверности построенных моделей. Анализ параметров показал, что для третьего и четвертого периодов ключевым фактором стал труд, для пятого – земля и труд. Менее интенсивно в производстве зерновой продукции используется капитал в виде основных фондов. Причем в 1963-1980 гг. основные фонды использовались неэффективно. Во всех трех случаях наблюдается возрастающий эффект от факторов производства – при увеличении затрат на ресурсы на 1%, валовой сбор увеличивается более чем на 1%.

Видим, что вклад производительности труда в рост валового сбора зерна постепенно снижается и в последнем периоде он сравнялся по коэффициенту эластичности с урожайностью. А влияние урожайности, наоборот, постепенно растет. Таким образом, в настоящем периоде с постоянным уровнем технического развития имеющиеся ресурсы необходимо направлять на рост эффективности сельскохозяйственных угодий – урожайности (увеличение внесения минеральных удобрений, средств защиты растений, улучшение качества семенного материала и т.д.).

Согласно выявленным закономерностям, период, начавшийся в 2015 г., закончится в 2031 г. Для прогнозирования урожайности в этом году рассчитана скорость изменения урожайности зерна по формуле:

$$v = \frac{s_k - s_n}{t}, \quad (3)$$

где v – средняя скорость изменения урожайности зерна;

s_k – урожайность на конец периода;

s_n – урожайность на начало периода;

t – продолжительность периода.

На основе экстраполяции средней скорости изменения урожайности определено, что в 2031 гг. средняя урожайность зерна в России составит 35 ц/га.

Таким образом, на основе анализа закономерностей в развитии зернового производства России выявлено, что ключевым фактором периода с постоянным уровнем технического развития с 2015 по 2031 гг. выступает земля, а приоритетные технологии – увеличивающие урожайность зерна (новые

селекционные достижения, технологии точного земледелия и т.д.). Начиная с 2032 г. произойдет резкое увеличение урожайности зерновых культур, связанное с внедрением в производство новых технологий.

6. Приоритетные направления научно-технологического развития зернового производства России

Научно-технологическое развитие зерновой отрасли России осуществляется под влиянием глобальных трендов, приводящих к существенным изменениям в структуре экономики отрасли. Тренды, в свою очередь, порождают долгосрочные вызовы для зернового производства, ответом на которые становится технологическое совершенствование. При анализе спроса на инновации в зерновой отрасли важно определить характер конкретных вызовов, проецируя глобальную динамику на внутренний зерновой рынок. Основными мировыми трендами в зерновом производстве на ближайшие 10-15 лет станут:

- совершенствование селекционных технологий, генная модификация растений;
- необходимость повышения плодородия и предотвращения обеднения почв посредством снижения химической нагрузки и оздоровления почвенной микробиоты;
- цифровизация и автоматизация большинства процессов выращивания растений, точное земледелие;
- приоритетные технологии в отрасли будут направлены на экологизацию производства и снижение нагрузки на биосферу;
- величина спроса в развитых странах на зерно и зернопродукты практически не изменится, изменения коснутся его структуры (рост спроса на кукурузу) и качества – в сторону продукции органического земледелия.

Все вышеперечисленные тренды подтверждаются и результатами библиометрического анализа, в рамках которого выявлены исследовательские фронты, т.е. совокупность высоко цитируемых публикаций по направлению исследования в российских и зарубежных базах научного цитирования.

53,4% из 178 российских и зарубежных авторов научных публикаций, посвященных технологиям в зерновой отрасли, затрагивают в своих исследованиях технологии цифровизации и роботизации отрасли, в частности: точное земледелие, геоинформационные системы, дистанционное зондирование,

оптимизацию и контроль, биоинформатику, агроинформатику, 3D-моделирование урожая, сельскохозяйственное машиностроение, механизацию сельского хозяйства, роботизацию, эргономику. 18,5% исследований посвящены агроэкологии, системам фитомелиорации, 6,2 – технологиям селекции и семеноводства, столько же – органическому земледелию, 1,1 – защите растений (рис. 9).

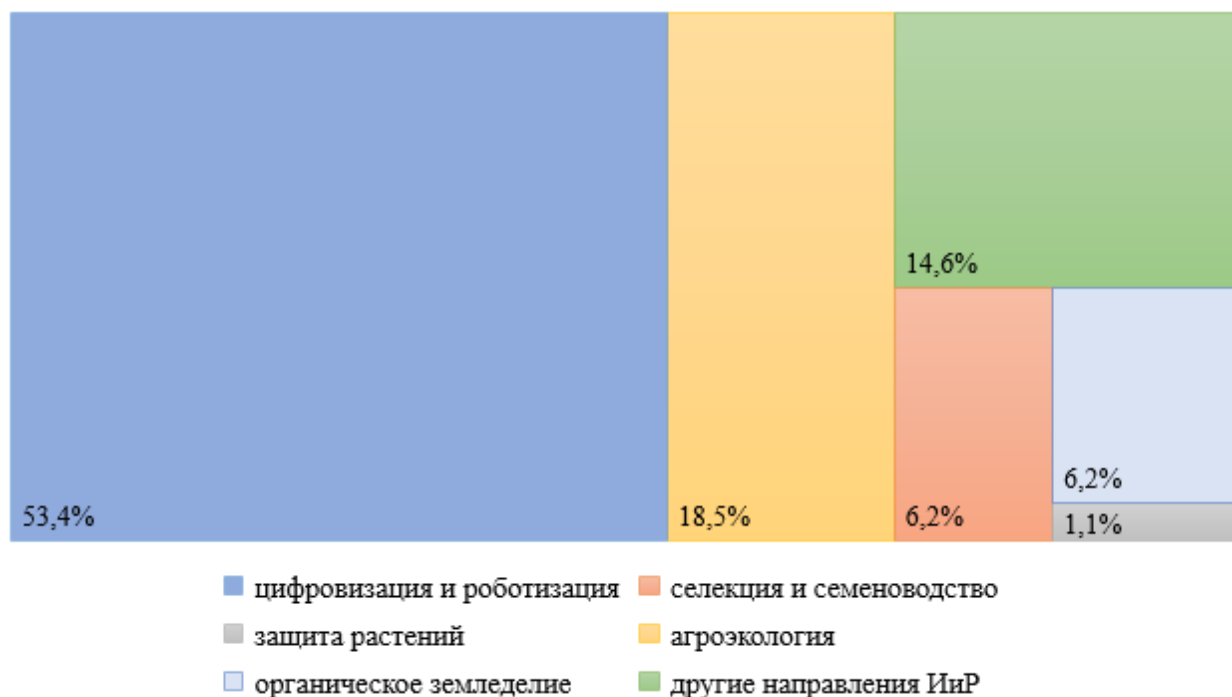


Рисунок 9 – Распределение научных исследований и разработок по основным направлениям научно-технологического развития зерновой отрасли

Проекция глобальных трендов в отрасли на российское зерновое производство приводит к возникновению вызовов, таких как исчерпание потенциала «зеленой революции», переход производства на новый технологический уклад и отставание нашей страны в этом процессе, снижение плодородия почв и биоразнообразия, цифровизация агропромышленного комплекса и др.

Глобальные тренды и вызовы зернового производства открывают для России новые «окна возможностей». «Окна возможностей», создающие новые возможности для производства и потребления зерна и зернопродуктов, преимущественно «открываются» при смене технологических укладов. Именно в этот период возможен выход на новую волну экономического роста зерновой отрасли.

Таблица 2 – Глобальные тренды и исследовательские фронты, вызовы и окна возможностей для зернового производства России

Тренды	Исследовательские фронты
Биологизация растениеводства. Рост спроса на биотопливо. Генетический инжиниринг сельхозкультур. Повсеместное распространение точного земледелия. Волатильность цен на пшеницу. В среднесрочной перспективе в США объем производства кукурузы превысит производство пшеницы. Смещение потребительского спроса в сторону риса. Рост спроса на органическую продукцию.	Селекция и семеноводство. Генетический инжиниринг. Геномная селекция. Точное земледелие. Агро-, биоинформатика. 3D-моделирование. ГИС-технологии. Роботизация. Агробιοтехнологии. Биотопливо. Агроэкология. Mini-Till, No-Till. Комплексная защита растений.
Вызовы	Окна возможностей
Исчерпание потенциала «зеленой революции». Снижение естественного сортового биоразнообразия. Переход отрасли на новый технологический уклад и отставание России в этом процессе. Цифровизация АПК. Снижение естественного плодородия почв. Увеличение частоты экстремальных погодных явлений. Рост мирового спроса на продукцию органического земледелия. Массовая вырубка лесов.	Развитие органического земледелия и экспорт высокомаржинальной органической продукции в страны Европы и Юго-Восточной Азии. Привлечение отечественных компаний в наукоемкие звенья цепочек стоимости, модернизация мощностей, цифровизация процессов производства. Закрепление страны на новых рынках и рыночных нишах. Сохранение и пополнение собственной генетической базы данных растений. Существенный рост урожайности зерновых за счет неиспользуемого потенциала (биологический и технологический предел урожайности еще не достигнут).

Приоритетные направления науки, техники и технологий зернового производства должны формулироваться в контексте ответов на вызовы, стоящих перед этой отраслью. Основными критериями в определении приоритетных направлений исследований и разработок в зерновом производстве должны быть: вклад в увеличение объемов производства зерна и повышение конкурентоспособности зерновой продукции, а также обеспечение продовольственной безопасности России.

С помощью метода Дельфи проведено двухэтапное анкетирование экспертов в области научно-технологического развития зернового производства, которое помогло сформировать перечень приоритетных технологий зернового производства России (табл. 3).

Таблица 3 – Приоритетные направления научно-технологического развития зернового производства России

Вызов	Приоритетные технологии
Исчерпание потенциала «зеленой революции» и снижение естественного сортового биоразнообразия в растениеводстве	Биотехнологии эффективной ускоренной селекции и интенсивные технологии в семеноводстве (маркер-ориентированная селекция, геномная селекция; ускоренные технологии микрклонального размножения растений; технологии получения андрогенных и гипогенных растений; технологии получения искусственных семян; усовершенствованные технологии использования гаплопродюсеров; технологии традиционной селекции с точным районированием; метод культуры клеток и тканей; технологии генной инженерии).
Переход отрасли на новый технологический уклад и цифровизация АПК	Цифровые технологии; точное земледелие (цифровые системы для сбора, анализа и обработки больших массивов данных о состоянии почв и сельскохозяйственных растений; базовые программные модели с приемами автоматизированного проектирования элементов прецизионных систем земледелия на основе принципов биологизации, ресурсосбережения и экологической безопасности; роботы, GPS-навигация, телематика, точный высев и опрыскивание, дифференцированное внесение удобрений; энерго- и ресурсосберегающие машины с возможностями высокоточного геопозиционирования с использованием системы ГЛОНАСС; технологии мониторинга агрохимических и микробиологических показателей почвы сельскохозяйственных угодий).
Рост спроса на органическую продукцию растениеводства; популяризация здорового образа жизни	Технологии биологизированного и органического земледелия (технологии промышленной переработки продуктов жизнедеятельности с.-х. животных крупных животноводческих комплексов; алгоритмы создания биотехнологических продуктов для земледелия и растениеводства; системы генетического конструирования и биоинженерии микробиомов, обеспечивающих мобилизацию трофических ресурсов почвы).
Массовая вырубка лесов, деградация сельхозугодий и снижение естественного плодородия почв	Усовершенствованные технологии фитомелиорации (технологии возделывания с.-х. культур с фитомелиоративными звеньями в севообороте; технологии селекции растений на улучшение фитомелиоративных свойств; модели восстановления разнообразия и продуктивности земель; технологии предотвращения засоления почв).

Таким образом, приоритетные направления научно-технологического развития зернового производства России – это ответы на вызовы, стоящие перед отраслью, определенные с учетом глобальных трендов и исследовательских фронтов. Библиометрический анализ позволяет выявить не только

устоявшиеся тренды в исследованиях и разработках, но и зарождающиеся, которые в долгосрочной перспективе окажут прорывное воздействие на научно-технологическое развитие зерновой отрасли. К таким направлениям относятся агро- и биоинформатика, 3D-моделирование, биотопливо и т.д. Своевременный технологический ответ на вызовы отрасли позволит открыть «окна возможностей» для нашей страны, связанные с выходом на новые рынки с высокомаржинальной зерновой продукцией.

7. Сценарное моделирование долгосрочного научно-технологического развития зерновой отрасли России

Проведенный ранее анализ показал, что в настоящее время ключевым фактором периода с постоянным уровнем технического развития является земля, а ключевые технологии – технологии повышения урожайности зерна. Т.е. урожайность станет управляющим фактором в динамическом сценарном моделировании (а управляющие субфакторы – внесение минеральных удобрений, средств защиты растений и использование селекционных достижений).

В исследовании выделены 3 основных сценария научно-технологического развития зернового производства: рост урожайности темпами выше существующих («Технологический рывок»), экстраполяция урожайности («Технологическая адаптация») и замедление роста урожайности («Технологическая деградация»).

Для каждого из сценариев заданы целевые значения урожайности зерновых культур:

«Технологический рывок» – 39,5 ц/га;

«Технологическая адаптация» – 35 ц/га;

«Технологическая деградация» – 28 ц/га.

Значения управляющих субфакторов определялись исходя из их нормативных значений для достижения заданного показателя урожайности. Для расчета остальных индикаторов использовался метод обратной задачи в сценарном динамическом моделировании. Т.е. осуществлялся поиск управляющих воздействий, приводящих отрасль в желаемое целевое состояние. Для каждого субфактора определены коэффициенты парной корреляции с другими субфакторами и построены линейные регрессионные модели. С их помо-

щью происходил последовательный расчет индикаторов. На рис. 10 показана его схема и уравнения регрессии для определения зависимых показателей.

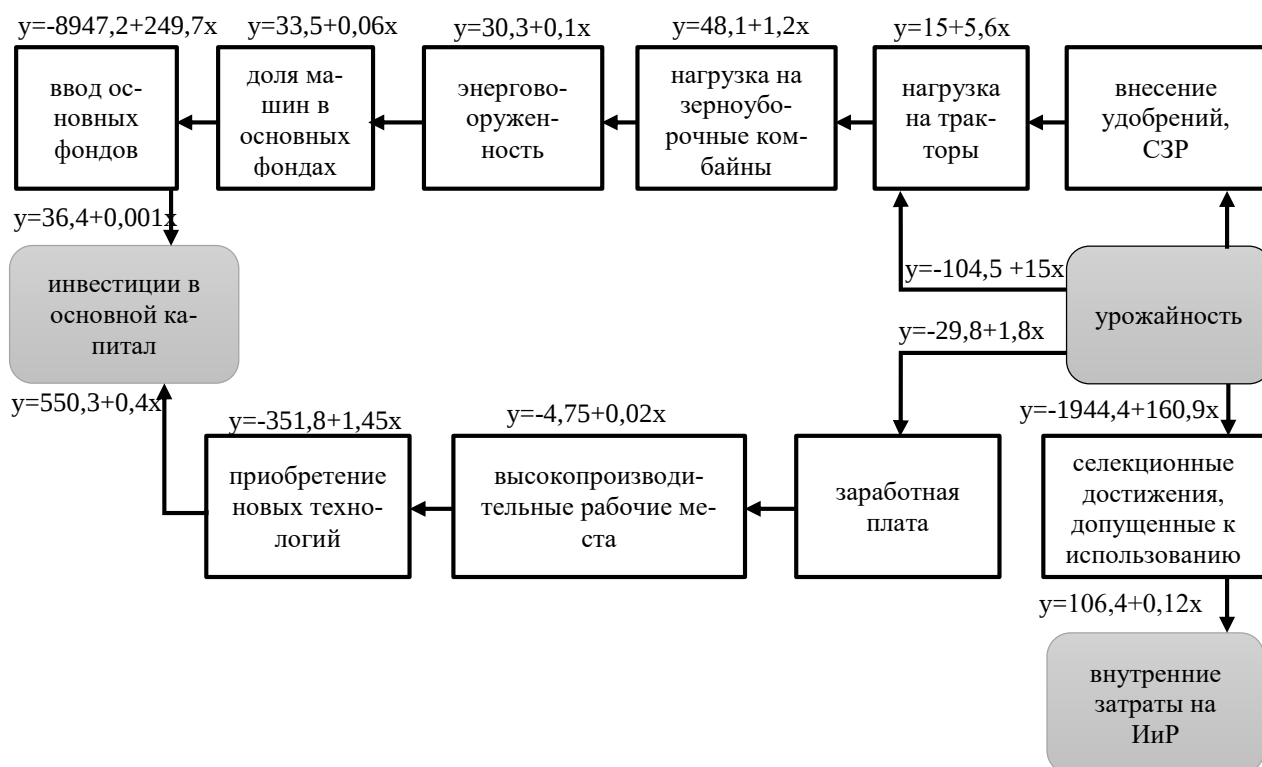


Рисунок 10 – Схема расчета основных сценарных индикаторов

В таблице 4 представлены прогнозные индикаторы для каждого из сценариев. В рамках первого сценария инвестиции в основной капитал хозяйств увеличатся по отношению к 2019 г. на 10,6%, затраты на исследования и разработки – в 2 раза, второго сценария – снизятся на 9,8% и вырастут на 89,4% соответственно, третьего – уменьшатся на 14,6%, увеличатся на 29,7%.

Сценарий «Технологический рывок» предполагает увеличение объема внесения минеральных удобрений под зерновые посевы – более чем в 3 раза, одновременно с этим необходимо нарастить и объемы известкования почвы (+51,3%) для сохранения и улучшения ее плодородия.

По сценарию «Технологическая деградация» произойдет снижение большинства показателей эффективности использования машинно-тракторного парка, что увеличит нагрузку на него. Сценарий «Технологическая адаптация» предполагает сохранение существующих тенденций, которых будет недостаточно для технико-технологического перевооружения зернового производства.

Таблица 4 – Показатели развития зерновой отрасли России к 2031 г. по различным сценариям

Показатели	Технологический рывок	% к 2019 г.	Технологическая адаптация	% к 2019 г.	Технологическая деградация	% к 2019 г.
Урожайность, ц/га	39,5	148,5	35,0	131,6	28,0	105,3
Валовой сбор, млн т	189,2	156,2	156,1	128,8	124,5	102,8
Внесение минеральных удобрений, кг/га	200	355,9	160	284,7	60	107,1
Внесение известняка, т/га	11,5	151,3	10,9	143,4	10,2	134,2
Обработка инсектицидами, кг/га	0,79	158,0	0,72	144,0	0,64	128,0
Обработка гербицидами, кг/га	1,4	127,3	1,3	118,2	1,2	109,1
Нагрузка пашни на 1 трактор, га	498,3	144,4	427,6	123,9	351,0	101,7
Нагрузка посевов на 1 зерноуборочный комбайн, га	646,1	147,8	561,2	128,4	469,3	107,4
Энерговооруженность, л.с./чел.	94,9	114,3	86,4	104,1	77,2	93,1
Доля машин в ОП, %	39,2	101,8	38,7	100,5	38,1	99,0
Ввод новых ОП, млн руб.	504,7	116,8	429,7	100,0	384,6	89,0
Инвестиции в основной капитал, млрд руб.	556,9	110,6	477,3	94,8	429,7	85,4
Среднемесячная оплата труда, руб.	42325,2	149,9	34108,6	120,8	20600,0	73,0
Число высокопроизводительных рабочих мест, тыс. ед.	842	141,7	678	114,1	407	68,5
Число приобретенных новых технологий, тыс. ед.	869	176,3	631	128,1	238	48,3
Число селекционных достижений, допущенных к использованию, ед.	4411	126,1	4150	105,4	2561	73,2
Внутренние затраты на ИиР, млн руб.	635,7	199,2	604,4	189,4	413,7	129,7

Для каждого из сценариев необходимы сценарные условия, которые определяют направления их развития (рис. 11).

Таким образом, разработаны 3 наиболее вероятных сценария научно-технологического развития зернового производства России в зависимости от показателя урожайности зерна. Вышеперечисленные приоритетные технологии в большинстве своем возможно внедрить при реализации сценария «Технологический рывок», который обладает необходимыми для этого условиями.

Сценарий «Технологическая адаптация»	Сценарий «Технологическая деградация»
Условия: • «догонять, не обгоняя»; • сохранение существующих тенденций развития отрасли; • низкие темпы роста урожайности; • невозможность преодоления технологического предела урожайности из-за нехватки средств материально-технического обеспечения производства; • в защите растений используются в основном химические средства, наносящие вред окружающей среде; • из-за увеличения нагрузки на сельскохозяйственную технику увеличиваются темпы ее выбытия; • рост внутренних затрат на исследования и разработки растет недостаточным для научно-технологического прорыва темпом.	Условия: • «так и не догнать»; • нестабильность объемов урожая из-за часто-повторяющихся неблагоприятных погодных условий; • сокращение посевной площади в результате ее деградации; • невозможность преодолеть ни биологический, ни технологический предел урожайности из-за устаревшего машинно-тракторного парка и отсутствия новых селекционных достижений; • сокращение инвестиций в основной капитал в связи с низкой рентабельностью отрасли; • низкий уровень заработной платы препятствует привлечению высококвалифицированных специалистов; • внутренние затраты на исследования и разработки ежегодно сокращаются.
Сценарий «Технологический рывок»	
Условия: • «догнавши, обогнать»; • ввод в сельскохозяйственный оборот залежных земель, пригодных, в т.ч. для органического земледелия; • биологизация зернового производства; • полное технико-технологическое перевооружение хозяйств энергонасыщенной техникой; • снижение зависимости зернового производства от природно-климатических условий за счет внедрения цифровых технологий и полного соблюдения агротехники; • 50% посевов в России обрабатываются с помощью технологий точного земледелия; • создание новых районированных и засухоустойчивых сортов зерновых культур; • рост внутренних затрат на исследования и разработки не менее, чем в 2 раза.	

Рисунок 11 – Условия реализации сценариев научно-технологического развития зернового производства России

Целенаправленное развитие отрасли при заданных параметрах и направлениях научно-технологического развития позволит уже сейчас начать достижение целевых значений индикаторов посредством использования соответствующих инструментов стимулирования и поддержки научных исследований, разработок и их внедрения в зерновое производство.

8. Прогноз емкости рынков продукции и технологий в зерновом производстве России

Выявленные вызовы и «окна возможностей», и технологический ответ на эти вызовы, определяют перспективные направления развития зерновой отрасли, а также открывают для российских сельхозтоваропроизводителей новые рынки, которые становятся стимулом для проведения исследований и разработок. При чем не только рынки зерновой продукции, но и рынки технологий, семенного материала и т.д.

Перспективные для России рынки определялись исходя из приоритетных направлений развития науки, техники и технологий зерновой отрасли. Внедрение приоритетных технологий в производство зерна, а также создание собственных разработок, позволят выйти нашей стране на новые высокомаржинальные и уникальные рынки товаров, технологий и услуг в отрасли.

Наиболее перспективными рынками для России являются:

1. Рынок органического зерна. С учетом наличия около 12 млн га залежных земель, пригодных для введения в сельскохозяйственный оборот, и в которые не вносились минеральные удобрения на протяжении многих лет, Россия может занять значительную нишу на данном рынке. Мировой рынок органической продукции в настоящее время оценивается в \$100 млрд с ежегодными темпами прироста в 10-15%. Более половины этого рынка принадлежит органической пшенице. Крупнейшим ее потребителем являются страны Евросоюза. При этом в настоящее время рынок органического зерна только зарождается, конкурентов практически нет. Спрос на него существенно опережает предложение. Поэтому российские сельхозтоваропроизводители смогут занять до 20% этого рынка с ценами, которые компенсируют затраты на переход к органическому земледелию.

2. Рынок агробиотехнологий. Развитие данного рынка станет возможным при появлении рынка органического зерна, который требует использования биостимуляторов роста растений, биопестицидов и т.д. По оценкам к 2025 г. емкость российского рынка агробиотехнологий составит около \$13,5 млрд. В будущем – этот рынок будет наиболее динамично растущим, в связи с биологизацией зернового производства. Сегмент рынка агробиотехнологий – биопестициды, увеличился за последние 5 лет в 2 раза. До 2030 г. прогнозируется ежегодный рост этого рынка на 5-10%.

3. Рынок российских элитных семян. Ежегодный рост рынка составит не менее 5%. Развитие рынка элитных российских семян ускорилось с 2020 г., когда их использование стало обязательным для аграриев. Для того, чтобы привести объем использования семян массовых репродукций к нулю необходимо около \$5,4 млрд.

4. Рынок технологий точного земледелия. В настоящее время российский рынок информационно-компьютерных технологий в растениеводстве оценивается в 360 млрд руб. К 2026 г. он вырастет не менее, чем в 5 раз. Эти технологии в долгосрочной перспективе будут использоваться практически в каждом хозяйстве России, что позволит сократить себестоимость производства зерна на 30-40%.

5. Рынок больших данных. Технологии точного земледелия позволяют собирать громадные массивы данных о почве и растениях. Поэтому их внедрение породит новый рынок больших данных и платформ для их аналитики и прогнозирования, использование которых приводит к сокращению затрат на единицу продукции на 20-40%. По оценкам российский рынок больших данных в отрасли к 2027 г. составит около \$5 млрд.

6. Рынок «пакетных решений», который включает в себя комплексные продукты по выращиванию зерновых культур: элитные семена, сортовые технологии, агрохимия, цифровые платформы. Его емкость к 2028 г. составит около \$20 млрд. Комплексное использование агротехнологий позволит увеличить урожайность зерна до 50%.

7. Рынок фитомелиоративных технологий. Через 5-10 лет российские сельхозтоваропроизводители столкнутся с проблемой деградации почв, поэтому проведение фитомелиоративных мероприятий станет одним из наиболее перспективных направлений научно-технологического развития отрасли. С учетом предельной стоимости проведения фитомелиоративных работ в 250 тыс. руб/га, емкость данного рынка в России составит \$17 млрд к 2030 г.

На рис. 12 показано появление вышеназванных рынков и их ориентировочная емкость. Большинство из них в настоящее время только зарождаются, но уже сейчас имеют большой потенциал роста.

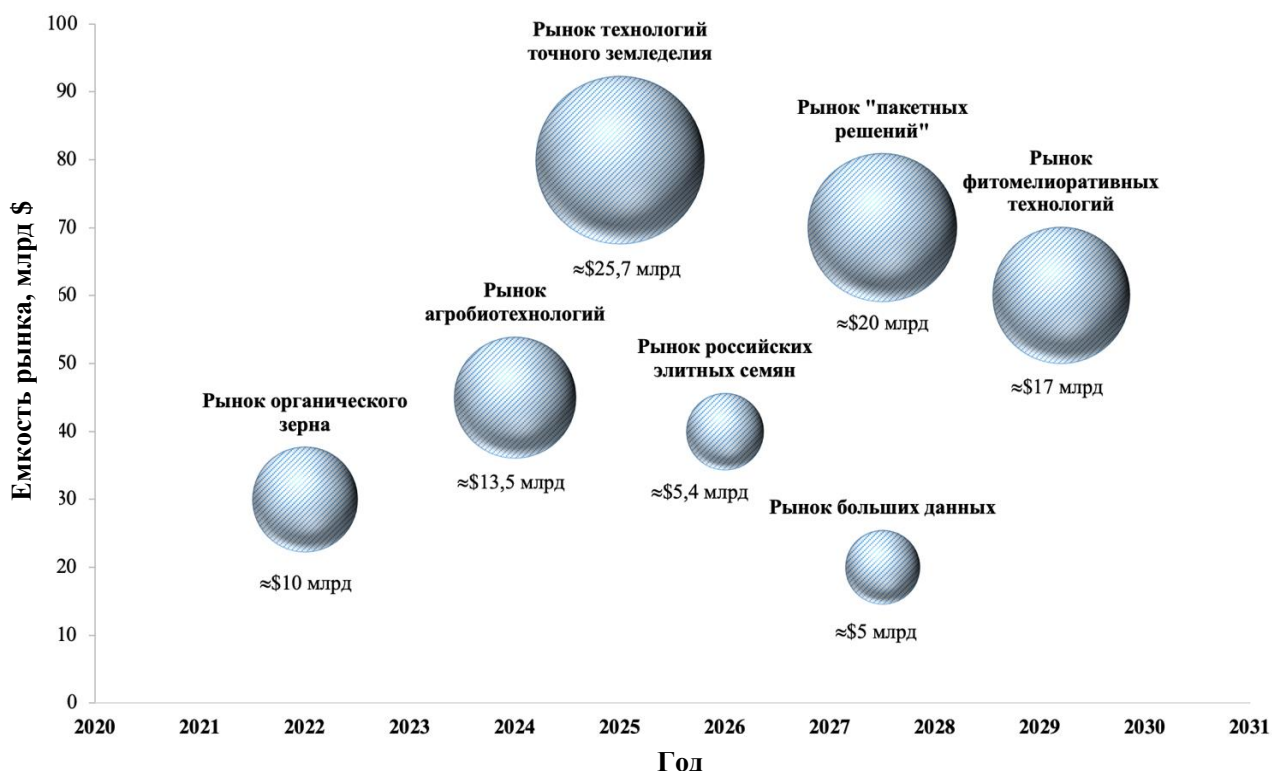


Рисунок 12 – Емкость рынков продукции и технологий зернового производства России

Перспективные рынки продукции и технологий – это последнее, недостающее звено в разрабатываемом прогнозе научно-технологического развития зерновой отрасли России. Это связующий элемент между исследованиями и разработками и реальным зерновым производством, с помощью которого происходит коммерциализация и внедрение технологий в производство. На рис. 13 представлена структура разработанного прогноза научно-технологического развития зернового производства России.

Таким образом, реализация предложенных направлений научно-технологического развития зернового производства позволит российским компаниям выйти на новые высокомаржинальные рынки технологий и продукции, произведенной с помощью этих технологий. Для выхода на эти рынки необходимы соответствующие механизмы управления исследованиями и разработками в отрасли, коммерциализации и внедрения технологий в зерновое производство.

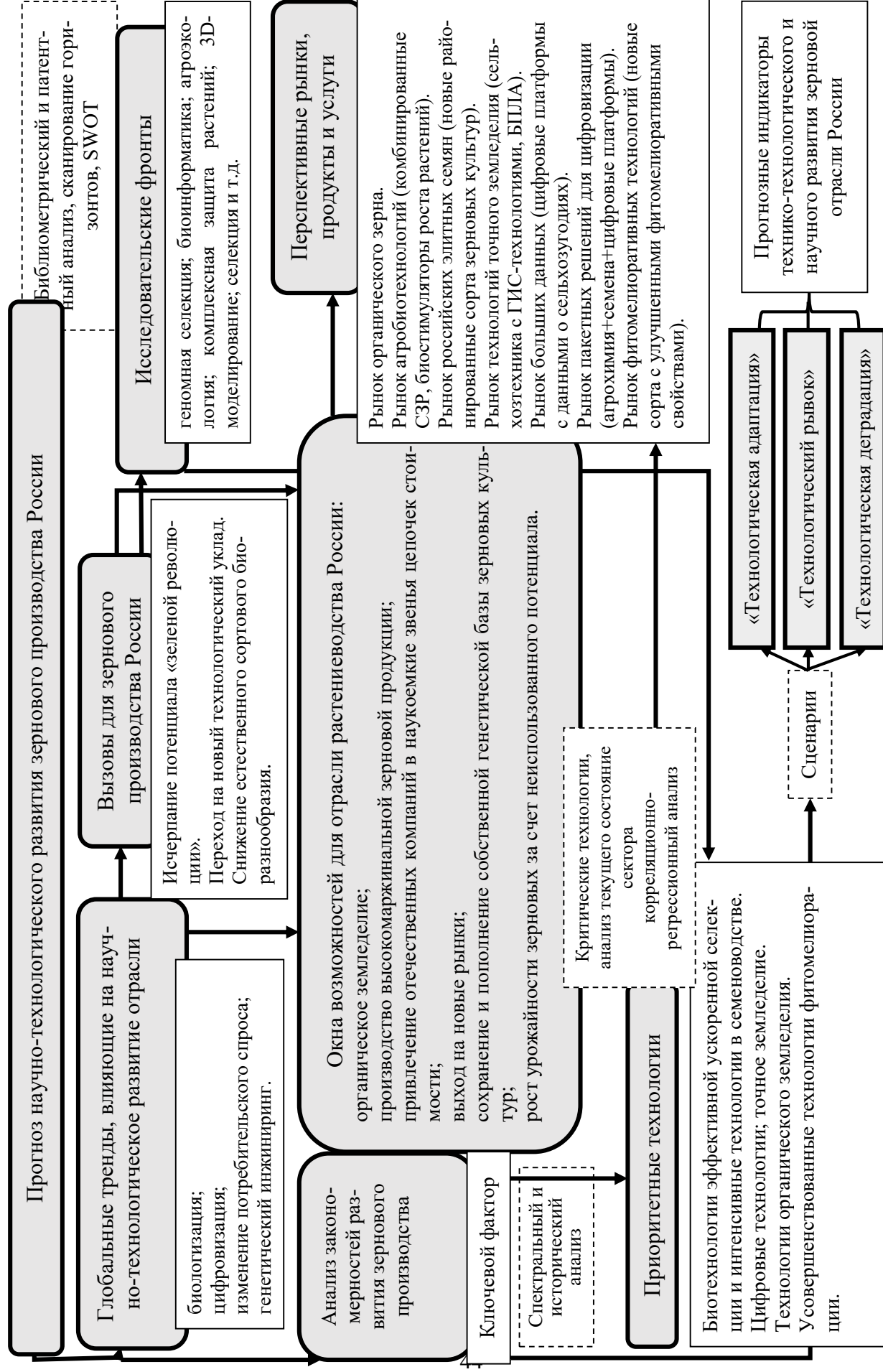


Рисунок 13 – Структура прогноза долгосрочного научно-технологического развития зернового производства России

9. Комплексный механизм долгосрочного научно-технологического развития зернового производства

Практическая реализация прогноза научно-технологического развития зернового производства (далее – Прогноз) требует разработки механизма достижения прогнозных индикаторов. С точки зрения системного подхода, такой механизм представляет собой перевод системы в качественно новое состояние целенаправленным воздействием на факторы производства зерна посредством интеграции инструментов прогнозирования научно-технологического развития зерновой отрасли, управления процессом разработки и реализации инноваций в технологическом процессе. Главным свойством механизма должна быть комплексность, позволяющая координировать усилия и концентрировать средства на приоритетных направлениях развития науки, техники и технологий в зерновой отрасли.

Комплексный механизм научно-технологического развития зернового производства включает в себя 3 основных элемента:

1. Мониторинг и прогнозирование научно-технологического развития зерновой отрасли, основанный на определении приоритетных направлений развития науки, техники и технологий. Базисом данного элемента является отраслевая сеть центров прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития агропромышленного комплекса.

2. Управление процессом исследований и разработок в отрасли, которое осуществляется внутри экосистемы научно-технологического развития зернового производства России посредством различных инструментов (госпрограмм, стратегий, нормативно-правовых актов) и институтов развития. Управление производится органами власти, научными и инновационными фондами с помощью грантов, субсидий, государственных заданий и т.д.

3. Реализация инноваций в технологическом процессе производства зерновых культур, включающая в себя коммерциализацию технологии и внедрение ее в производство. Для вывода прорывных технологий на рынок в зерновой отрасли России создаются агробиотехнопарки, бизнес-инкубаторы, предоставляются субсидии и гранты (рис. 14).

Новизна данного механизма заключается в добавлении в него элемента прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития отрасли, позволяющего делать этот процесс целенаправленным.

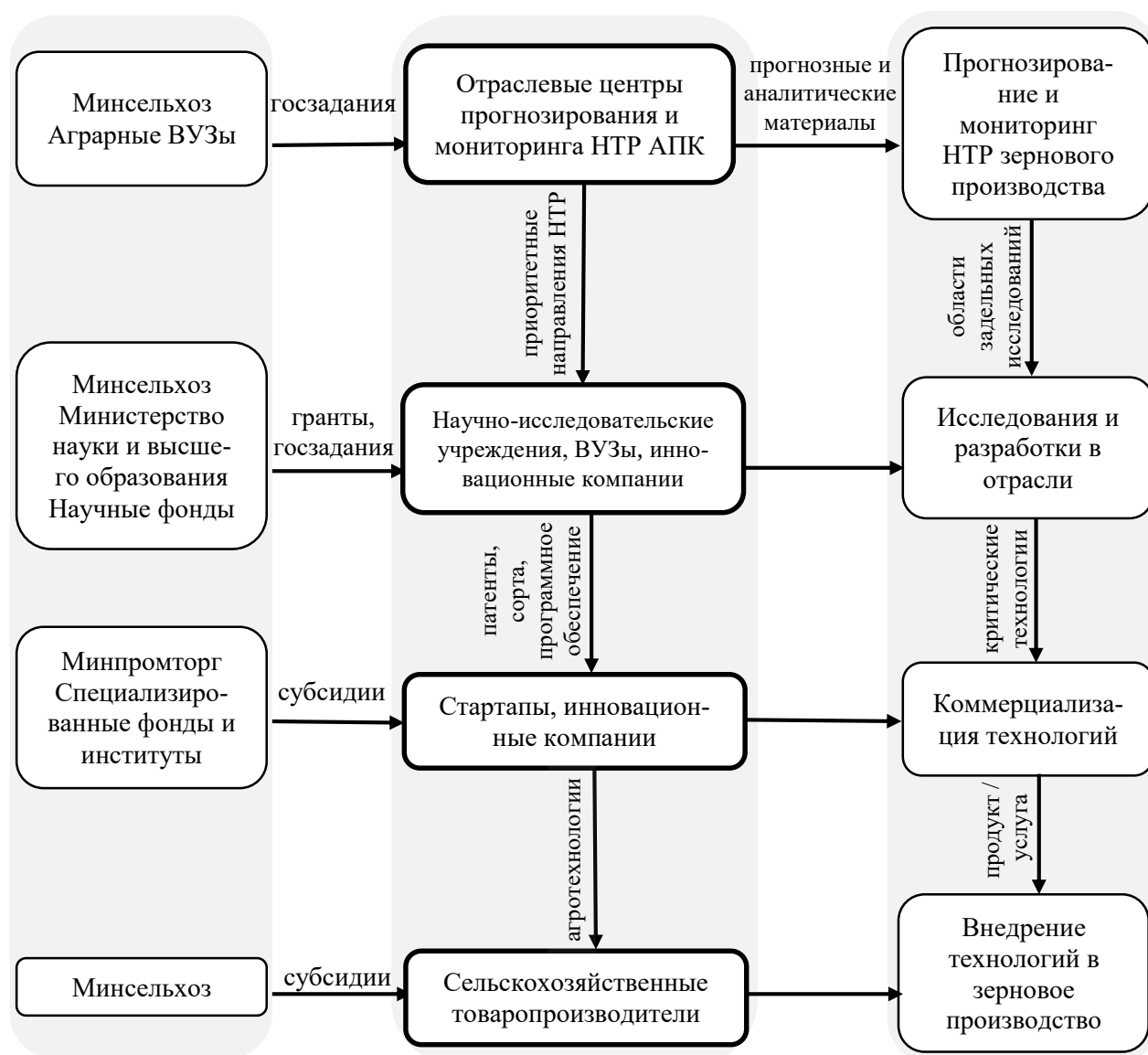


Рисунок 14 – Комплексный механизм научно-технологического развития зернового производства России

Экосистема научно-технологического развития зернового производства представляет собой комплексную систему взаимодействия государственных институтов, научных и образовательных учреждений, сельхозтоваропроизводителей, специализированных институтов развития (агробιοтехнопарки, научно-образовательные центры аграрного профиля), направленную на создание и внедрение в производство зерновых культур приоритетных технологий и выход на перспективные рынки с высокомаржинальной продукцией отрасли. Взаимодействие элементов внутри экосистемы происходит посредством различных инструментов, таких как госпрограммы, стратегические документы, госзадания, грантовое финансирование, субсидии и т.д.

Как уже говорилось выше, механизм научно-технологического развития зернового производства представляет собой перевод системы в качественно новое состояние. Поэтому необходимо визуализировать этот переход в виде последовательного достижения количественных и качественных индикаторов научно-технологического развития зернового производства, т.е. разработать таймлайн. Таймлайн научно-технологического развития зернового производства представляет собой совокупность элементов, взаимосвязанных между собой и расположенных в хронологическом порядке с привязкой к временной шкале:

1) ключевых событий в зерновой отрасли – недавно свершившиеся или прогнозируемые события, которые способны оказать влияние на направления научно-технологического развития отрасли;

2) приоритетных технологий зернового производства, появление которых является следствием произошедшего ключевого события;

3) продуктов в виде конечных технологий или продукции, произведенной с помощью этих технологий;

4) рынков, на которые могут выйти производители сельхозпродукции или технологий с полученными продуктами или услугами;

5) инструментов, имеющихся для выхода на эти рынки;

6) индикаторов, которые будут достигнуты в результате реализации всего вышеперечисленного (рис. 15).

На таймлайне можно выделить 5 основных направлений научно-технологического развития зернового производства России:

1) внедрение ресурсосберегающих техники и технологий;

2) цифровизация зернового производства;

3) биологизация зернового производства;

4) агроэкология;

5) развитие селекции.

Реализация приоритетных направлений научно-технологического развития отрасли возможна лишь в условиях сценария «Технологический рывок», оценка стоимости которых показала, что наибольшего финансирования требует цифровизация зернового производства (табл. 7).

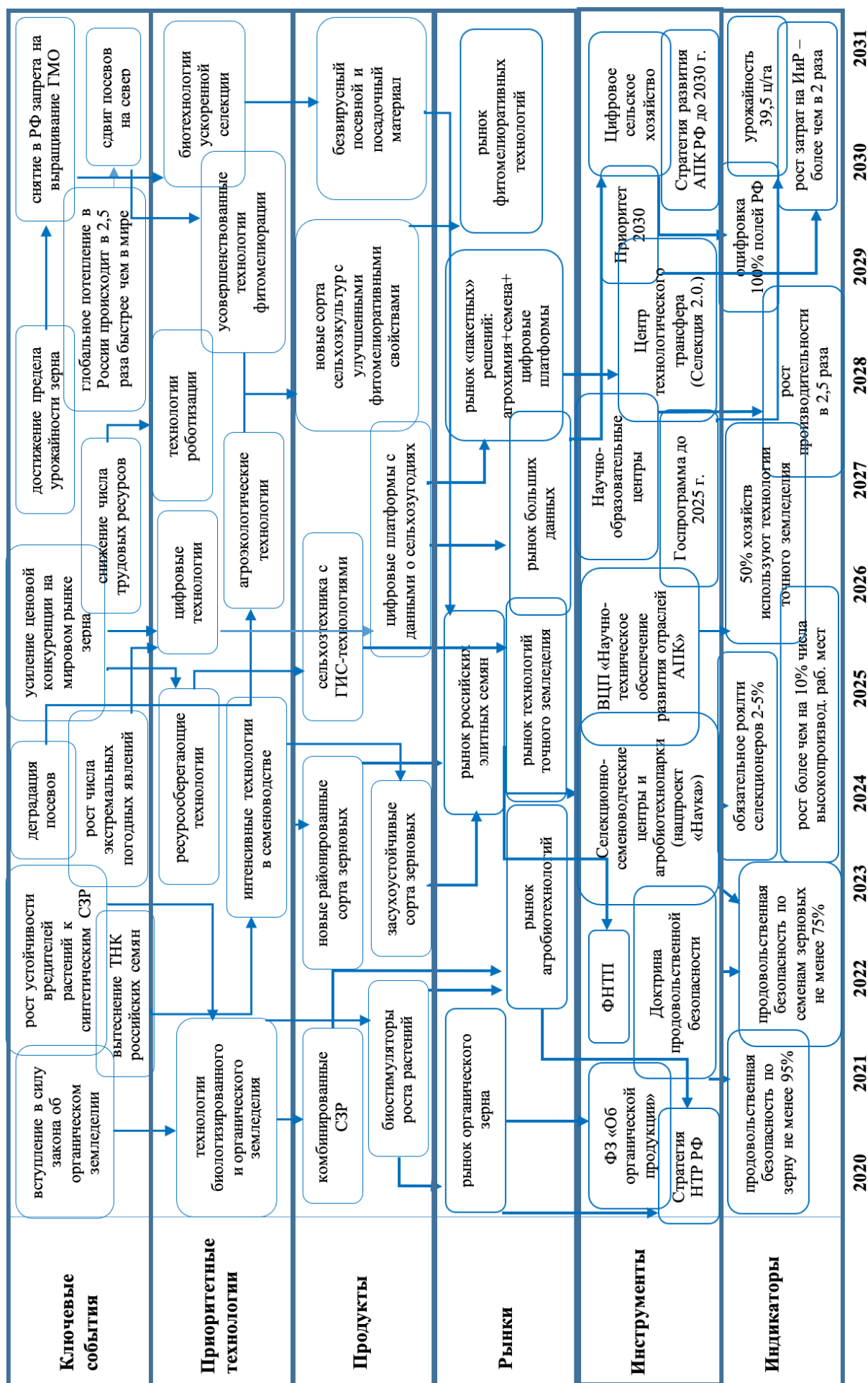


Рисунок 15 – Таймлайн научно-технологического развития зернового производства России до 2031 г.

Таблица 7 – Оценка стоимости реализации приоритетных направлений научно-технологического развития зернового производства России в рамках сценария «Технологический рывок», млн руб.

Направление НТР	2020 г.	2025 г.	2031г.	Всего 2020-2031 гг.
Внедрение ресурсосберегающих техники и технологий	3389,9	4617,2	5785,6	56321,0
Цифровизация зернового производства	12125,3	14097,6	18022,3	177179,0
Агроэкология	137,0	140,0	145,0	1535,0
Развитие селекции	146,8	180,5	220,5	2197,7
Биологизация зернового производства	2494,2	2494,2	2494,2	27436,0
ИТОГО	18293,2	21529,5	26667,6	264668,7

Всего на реализацию приоритетных направлений научно-технологического развития зернового производства России до 2031 г. необходимо 264,7 млрд руб.

Один из ключевых элементов научно-технологического развития зернового производства – это коммерциализация и внедрение в производство приоритетных технологий зерновой отрасли. Для нашей страны этот элемент является наименее развитым, так как практически отсутствует соответствующая взаимосвязь между наукой и бизнесом. Решение данной проблемы требует совершенствования существующих и разработку новых инструментов коммерциализации и внедрения инноваций в технологический процесс производства зерновых культур:

1) создание новых бизнес-моделей в селекции и семеноводстве с использованием цифровых технологий, позволяющих отслеживать семенной материал (блокчейн-технологии) и совершенствование нормативно-правовой базы в части установления обязательных и фиксированных лицензионных платежей (роялти) за использование отечественных семян зерновых культур. Повышение востребованности российских селекционных достижений требует дополнения их сортовыми технологиями для комплексного использования в технологическом процессе. Одним из возможных инструментов взаимодействия науки и бизнеса здесь может стать заказ последнего на конкретные сортовые технологии зерновых культур с гарантированным финансовым результатом. Т.е. селекционеры предоставляют сельхозтоваропроизводителям комплексное селекционно-семеноводческое решение, адаптированное к природно-климатическим условиям региона, гарантирующее рост урожайности культур, включающее в себя как семена, так и агропаспорт в виде сортовой технологии и сопровождение процесса выращивания зерновой культуры;

2) для цифровизации зернового производства необходима разработка «цифрового фундамента» в виде баз данных о сельхозугодиях под зерновыми культурами и платформ для их аналитики и прогнозирования. Это требует создания инфраструктуры, обеспечивающей сбор точных пространственных данных с помощью спутниковой навигации; совершенствования нормативно-правовой базы в области сбора данных и цифровизации, а также информационной, технической и финансовой поддержки сельхозтоваропроизводителей, внедряющих цифровое оборудование в технологические процессы своих хозяйств;

3) объединение усилий крупных агрохолдингов, производителей удобрений и средств защиты растений, а также научных учреждений для разработки комплексных «пакетных» решений, в составе которых находятся семенной материал, сортовые технологии, необходимая агрохимия и подключение к цифровым платформам. Правильное и комплексное применение агротехнологии зерновых культур позволит существенно снизить зависимость урожая от природно-климатических условий и повысить урожайность в среднем на 10-20 ц/га. Использование цифровых данных позволяет в режиме реального времени мониторить и управлять процессом выращивания зерновых культур, а также прогнозировать их урожайность;

4) повышение информированности сельхозтоваропроизводителей об имеющихся агробиотехнологиях в зерновом производстве и их эффективности и субсидирование использования биостимуляторов роста растений, биоудобрений и т.д.

Реализация предложенных инструментов позволит ускорить процесс коммерциализации и внедрения в производство зерновых культур передовых научных разработок, устранить разрыв между наукой и бизнесом в отрасли. Научные учреждения получают возможность не только государственного, но и частного финансирования своих исследований и разработок, нацеленных на конкретный бизнес-результат. Сущность новой технологической политики в отрасли заключается в содействии сельхозтоваропроизводителю в принятии самостоятельного хозяйственного решения на основе предоставленных ему пакетов агротехнологий и набора технических средств с приоритетным использованием новейших достижений научно-технического прогресса в системе государственного регулирования.

Таким образом, реализация прогноза научно-технологического развития зернового производства России должна осуществляться в форме комплексного механизма взаимодействия элементов экосистемы научно-технологического развития отрасли в целях повышения ее эффективности на основе внедрения инновационных видов техники и технологий и выхода на перспективные рынки с высокомаржинальной продукцией зерновой отрасли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного диссертационного исследования можно сделать следующие выводы, подтверждающие его научную новизну, теоретическую и практическую значимость.

1. Научно-технический прогресс в зерновом производстве необходимо рассматривать с позиции системного подхода, основывающегося на том, что развитие отрасли подчиняется внутренним закономерностям, выявление и формулирование которых позволит установить основные его направления в будущем. Научно-технологическое развитие зернового производства представляет собой объективный, направленный процесс качественных изменений в технологическом базисе производства на основе научных достижений, проявляющийся в форме непрерывной смены периодов с постоянным уровнем технического развития, обусловленных наличием закономерностей различного характера, а также биологического и технологического пределов урожайности зерна.

2. Выявлены особенности научно-технологического развития зернового производства России, к которым относятся: существенное влияние природно-климатических условий; нелинейность развития науки и технологий; многоукладность при наличии преобладающего технологического уклада; нестабильность и неустойчивость; наличие качественных сдвигов и скачкообразное развитие; наличие закономерностей в виде периодичности, обусловленной технологическим и биологическим пределом урожайности; наличие ключевого фактора. С учетом этих особенностей усовершенствованы концептуальные основы прогнозирования научно-технологического развития зернового производства, которые основываются на следующих принципах: системности; многовариантности развития; альтернативности сценариев; сочетания экспертных и экономико-математических методов прогнозирования; логической последовательности в алгоритме прогнозирования; достижения целевых индикаторов прогноза

посредством использования современных технологий в зерновом производстве; периодичности НТП в отрасли.

3. Разработан алгоритм прогнозирования научно-технологического развития зернового производства, представляющий собой последовательное применение различных инструментов прогнозирования, где каждый последующий метод использует данные, полученные на предыдущем этапе. Т.е. на основе закономерностей прошлого (используются ретроспективный и исторический анализ) выявляются периоды с постоянным уровнем технического развития (спектральный и графический анализ) и моделируются будущие периоды и сценарии, для которых рассчитываются индикаторы (регрессионные модели) и перспективные направления развития науки, техники и технологий (критические технологии, Дельфи, библиометрический и патентный анализ).

4. Построена модель, описывающая научно-технический прогресс в зерновом производстве в виде производственной степенной функции, где в качестве факторов выбраны производительность труда, фондоотдача и урожайность зерна. Эти показатели определяют эффективность использования основных факторов зернового производства (труд, капитал, земля), высокие значения которой достигаются лишь при внедрении технологических инноваций. Анализ параметров построенных моделей позволяет выявить ключевой фактор – фактор, оказывающий наибольшее влияние на рост валового сбора зерна. Чем выше значение параметра фактора, тем сильнее его влияние на результативный показатель. Управляющее воздействие на ключевой фактор определяет приоритетные направления научно-технологического развития отрасли.

5. Анализ научно-технологического развития зернового производства России показал увеличение его инновационной активности в виде роста затрат на технологические инновации более чем в 6 раз за 5 лет с 2015 г., количества приобретенных новых технологий и программных средств – в 8 раз, числа высокопроизводительных рабочих мест – на 86,6%. При этом, финансирование исследований и разработок в отрасли снизилось на 25,8% в период с 2015 по 2019 гг. и составляет 319,1 млн руб. (1,7% от общей суммы затрат). Лидером России по уровню научно-технологического развития является Южный федеральный округ.

6. Усовершенствована методика сценарного прогнозирования научно-технологического развития зернового производства, основывающаяся на соче-

тании экономико-математических методов и когнитивного моделирования. Алгоритм разработки сценариев включает в себя выявление совокупности субфакторов научно-технологического развития зернового производства, сгруппированных по уровню влияния на эффективность основных факторов (производительность, фондоотдачу и урожайность); определение силы и направления связи между ними, расчет уравнений регрессии и построение на основе полученной информации когнитивной карты. Далее выявляются управляющие факторы (ключевой фактор и совокупность субфакторов, оказывающих наибольшее влияние на него) и с помощью динамического моделирования определяются вероятные сценарии научно-технологического развития отрасли. Для каждого из сценариев необходимо написание сценарных условий. С помощью регрессионных моделей рассчитываются прогнозные индикаторы и определяются перспективные направления научно-технологического развития отрасли.

7. Построена когнитивная карта научно-технологического развития зернового производства России. Для этого определена совокупность субфакторов, оказывающих влияние на производительность труда, фондоотдачу и урожайность зерна. Выявлено, что наибольшее положительное влияние на показатель фондоотдачи оказывают количество сельхозтехники на 1000 га пашни и энергообеспеченность, отрицательное – инвестиции в основной капитал, доля машин и оборудования в структуре основных фондов и ввод в действие новых основных фондов. На производительность труда наибольшее положительное влияние оказывают приобретение новых технологий, высокопроизводительные рабочие места, а также нагрузка пашни на сельхозтехнику. Наиболее значимые факторы для урожайности зерна – это минеральные удобрения, селекционные достижения и использование средств защиты растений. Для каждой пары субфакторов рассчитан коэффициент парной корреляции и построена линейная регрессионная модель. Полученная информация дала возможность построить когнитивную карту научно-технологического развития зернового производства России для дальнейшего сценарного моделирования.

8. На основе ретроспективного и спектрального анализа построена динамика изменения урожайности зерновых с 1929 по 2019 гг. и выделено 5 полных периодов с постоянным уровнем технического развития длительностью около 17 лет. Начало периодов совпадает с различными технико-технологическими совершенствованиями процесса производства зерновых культур. Последний

полный период окончился в 2014 г., т.е. настоящий период закончится в 2031 г. С помощью построения производственной функции и анализа коэффициентов эластичности для периодов определен ключевой фактор. В периоде с 1998 по 2014 гг. – это земля и труд (коэффициенты эластичности равны). В предыдущие два периода ключевым фактором был труд, однако его эффективность в виде производительности труда со временем снижалась, а вклад урожайности зерна в его валовой сбор рос. Т.е. в настоящем периоде с 2015 по 2031 г. ключевым фактором является земля, а приоритетные технологии – технологии повышения урожайности зерновых. Расчет скорости изменения урожайности и ее экстраполяция позволила определить среднюю величину урожайности в 2031 г. – 35 ц/га.

9. Выявлены приоритетные направления научно-технологического развития зернового производства России на основе анализа глобальных трендов в отрасли (биологизация, распространение точного земледелия изменение структуры и качества потребительского спроса и др.), определения исследовательских фронтов (цифровизация, биологизация и роботизация), вызовов (снижение плодородия, исчерпание потенциала «зеленой революции», переход на новый технологический уклад и т.д.), а также «окон возможностей» (развитие органического земледелия, выход на новые рынки, существенный рост урожайности за счет неиспользованного потенциала и т.д.). Выявлены приоритетные технологии зернового производства, позволяющие увеличить урожайность зерновых культур. К ним относятся биотехнологии ускоренной селекции и семеноводства, цифровые технологии, в т.ч. точное земледелие, технологии биологизированного и органического земледелия, усовершенствованные технологии фитомелиорации.

10. Определены 3 сценария научно-технологического развития зернового производства России. В рамках сценария «Технологический рывок» к 2031 г. прогнозируется средняя урожайность зерновых 39,5 ц/га. Сценарий подразумевает полное технико-технологическое перевооружение отрасли, биологизацию производства, снижение зависимости от природного фактора. Для его реализации необходимо увеличение внутренних затрат на научные исследования и разработки не менее, чем в 2 раза. Сценарий «Технологическая адаптация» предполагает достижение показателя урожайности 35 ц/га посредством сохранения существующих тенденций развития отрасли. Главной проблемой данного сце-

нария станет невозможность преодоления технологического предела урожайности зерна из-за нехватки средств материально-технического обеспечения. В результате реализации сценария «Технологическая деградация» показатель урожайности зерна к 2031 г. будет составлять 28 ц/га, что обусловлено сокращением инвестиций в основной капитал отрасли и невозможностью противостоять неблагоприятным природно-климатическим условиям из-за низкого уровня материально-технического обеспечения производства и отсутствия новых селекционных достижений в виде засухоустойчивых сортов зерна.

11. Связующим звеном между исследованиями и разработками и их коммерциализацией и внедрением в зерновое производство выступают рынки зерновой продукции и технологий, появление которых создаст условия для прорывного научно-технологического развития отрасли. К таким рынкам отнесены рынок органического зерна, агробiotехнологий, технологий точного земледелия, российских элитных семян, «пакетных решений», включающих в себя семена, сортовые технологии, агрохимию и цифровые платформы для определенной культуры, рынок больших данных и фитомелиоративных технологий. Произведена оценка емкости рынков и периода их развития. Наибольшей емкостью обладает рынок технологий точного земледелия $\approx$ \$25,7 млрд, наименьшей – рынок больших данных $\approx$ \$5 млрд.

12. Разработан комплексный механизм научно-технологического развития зернового производства России, визуализированный с помощью таймлайна. Механизм включает в себя следующие элементы: прогнозирование и мониторинг научно-технологического развития зернового производства, целенаправленное управление исследованиями и разработками в отрасли и коммерциализация и внедрение в производство зерна инноваций. Основная задача комплексного механизма заключается в переводе отрасли в новое качественное состояние на основе инновационных технологий. Приоритетными направлениями реализации механизма выступают внедрение ресурсосберегающих видов техники и технологий, цифровизация зернового производства, агроэкология, развитие селекции, биологизация зернового производства. Общая стоимость их реализации в рамках сценария «Технологический рывок» в 2020-2031 гг. составляет 264,7 млрд руб. Перспективными инструментами коммерциализации и внедрения инноваций в технологический процесс производства зерновых культур являются разработка новых бизнес-моделей в селекции и семеноводстве,

создание «цифрового фундамента» для цифровизации отрасли, вывод на рынок новых «пакетных» решений, включающих в себя агрохимию, семена, сортовые технологии и подключение к цифровым платформам, а также стимулирование спроса на агробιοтехнологии.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных Scopus и Web of Science

1. Petukhova M.S. Crop production in Russia 2030: Alternative data of the development scenarios / M.S. Petukhova, E.V. Rudoy, A.F. Petrov, S.Yu. Kapustyanchik, I.N. Ryumkina, S.V. Ruymkin // Data in Brief. 2020. 29. 105077 – 0,6 п.л., авт. 0,4 п.л.

2. Petukhova M.S. Algorithm for the development of the Strategy for scientific and technological development of the crop sector of the Novosibirsk region / M.S. Petukhova, E.V. Rudoy, S.L. Dobryanskaya, T.A. Sadokhina, S.Yu. Kapustyanchik // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 421. P. 32032. – 0,5 п.л., авт. 0,35 п.л.

3. Petukhova M. Key challenges and opportunities of scientific and technological development of Russia's crop industry / M. Petukhova, E. Rudoy, S. Ruymkin // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 274. P. 012071. – 0,5 п.л., авт. 0,3 п.л.

4. Petukhova M.S. Crop production in Russia 2030: Scenarios based on data from the scientific and technological development of the sector / M.S. Petukhova, E.V. Rudoy, S.V. Ruymkin, S.L. Dobryanskaya, A.V. Molyavko // Data in brief. 2019. Vol. 25. P. 103980. – 0,8 п.л., авт. 0,4 п.л.

5. Petukhova M.S. Perfection of the technical and technological reequipment mechanism for agricultural production in Russia / M.S. Petukhova, N.N. Konova, D.S. Belaitis, S.G. Chernova, M.S. Vyshegurov, A.I. Golikov // ESPACIOS. 2018. T. 39. №19. PP. 37-57. – 1,25 п.л., авт. 0,3 п.л.

Статьи в научных изданиях, рекомендованных ВАК

6. Петухова М.С. Системный подход к прогнозированию научно-технологического развития зернового производства // Экономика сельского хозяйства. – 2021. – №1. – С.11-16. – 0,3 п.л., авт. 0,3 п.л.

7. Петухова М.С. Исследование динамики урожайности зерна в России в контексте научно-технологического развития отрасли растениеводства // Аграрный вестник Урала. – 2021. – №1. – С. 70-77. – 0,3 п.л., авт. 0,3 п.л.

8. Петухова М.С. Структурные сдвиги в факторах производства продукции растениеводства при переходе к новому технологическому укладу / М.С. Петухова, О.В. Мамонов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – Т. 63. №6(378). – С. 104-108. – 0,25 п.л., авт. 0,13 п.л.

9. Петухова М.С. Теоретические основы формирования новой технологической парадигмы в отрасли растениеводства / М.С. Петухова, О.В. Мамонов // АПК: экономика, управление. – 2020. – №7. – С. 61-68. – 0,3 п.л., авт. 0,15 п.л.

10. Петухова М.С. Макроэкономическая оценка влияния человеческого капитала сельскохозяйственной отрасли на экономический рост в постиндустриальной экономике / М.С. Петухова, С.А. Шелковников, Е.В. Шаравина, И.Г. Кузнецова // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2020. – Т. 26. – №2. – С. 114-122. – 0,5 п.л., авт. 0,13 п.л.
11. Петухова М.С. Эконометрический анализ влияния человеческого капитала на экономическую эффективность сельскохозяйственного производства / М.С. Петухова, С.А. Шелковников, И.Г. Кузнецова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2020. – №1 (58). – С. 23-28. – 0,3 п.л., авт. 0,1 п.л.
12. Петухова М.С. Теоретические основы управления сельскохозяйственным производством на основе цифровых технологий / М.С. Петухова, С.А. Шелковников, А.А. Алексеев // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. – 2020. – Т. 28. – №1. – С. 137-145. – 0,5 п.л., авт. 0,17 п.л.
13. Петухова М.С. Методические основы стратегического планирования в отрасли растениеводства // Международный сельскохозяйственный журнал. – №1 (373). – 2020. – С. 37-39. – 0,4 п.л., авт. 0,4 п.л.
14. Петухова М.С. Вызовы для отрасли растениеводства региона в зависимости от природно-сельскохозяйственного зонирования (на материалах Новосибирской области) / М.С. Петухова, С.А. Шелковников, С.Л. Добрянская, С.Ю. Капустянчик, Т.А. Садохина // Вестник аграрной науки. – 2019. – №6 (81). – С. 155-161. – 0,4 п.л., авт. 0,1 п.л.
15. Петухова М.С. Цифровизация как тренд развития сельского хозяйства в условиях нового технологического уклада / М.С. Петухова, С.А. Шелковников, И.Г. Кузнецова, А.А. Алексеев // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2019. – №8. – Т. 25. – С. 119-126. – 0,44 п.л., авт. 0,1 п.л.
16. Петухова М.С. Совершенствование метода сценарного прогнозирования научно-технологического развития отрасли растениеводства на основе анализа динамики факторов производства / М.С. Петухова, Е.В. Рудой // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2019. – №7. – С. 40-43. – 0,2 п.л., авт. 0,1 п.л.
17. Петухова М.С. Методика сценарного прогнозирования научно-технологического развития растениеводства до 2030 г. / М.С. Петухова, Е.В. Рудой // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2019. – №3. – С. 2-9. – 0,4 п.л., авт. 0,2 п.л.
18. Петухова М.С. Методика государственной поддержки расширенного воспроизводства сельхозтоваропроизводителей Новосибирской области / М.С. Петухова, С.А. Шелковников, И.Д. Клименко, Л.А. Якимова // Экономика и предпринимательство. – 2019. – №3. – С. 458-461. – 0,2 п.л., авт. 0,05 п.л.
19. Петухова М.С. Концептуальные основы управления «умными» теплицами / М.С. Петухова, С.А. Шелковников, А.А. Алексеев, Д.В. Эссауленко // Экономика и предпринимательство. – 2019. – №1. – С. 720-723. – 0,2 п.л., авт. 0,05 п.л.

20. Петухова М.С. Основные факторы развития рынка тепличных овощей в России / М.С. Петухова, Е.В. Рудой, С.А. Шелковников // АПК: экономика, управление. – 2019. – №1. – С. 35-44. – 0,6 п.л., авт. 0,2 п.л.

21. Петухова М.С. Механизм государственной поддержки научно-технологического развития отрасли растениеводства / М.С. Петухова, Е.В. Рудой, С.В. Рюмкин, С.А. Шелковников // АПК: экономика, управление. – 2018. – №10. – С. 8-17. – 0,6 п.л., авт. 0,15 п.л.

22. Петухова М.С. Механизм обеспечения инновационного воспроизводства в сельском хозяйстве Новосибирской области // Экономика сельского хозяйства России. – 2018. – №4. – С. 12-17. – 0,3 п.л., авт. 0,3 п.л.

23. Петухова М.С. Прогнозирование развития рынков критических технологий в отрасли растениеводства до 2030 г. / М.С. Петухова, Е.В. Рудой, Р.Р. Галеев [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – №4. – С. 5-9. – 0,25 п.л., авт. 0,04 п.л.

24. Петухова М.С. Методические подходы к прогнозированию научно-технологического развития отрасли растениеводства / М.С. Петухова, Е.В. Рудой, С.В. Рюмкин и [др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, №10. – С. 8-17. – 0,6 п.л., авт. 0,1 п.л.

25. Петухова М.С. Развитие государственной поддержки технического перевооружения сельскохозяйственного производства новосибирской области / М.С. Петухова, С.А. Шелковников, Н.Н. Конова // Экономика и предпринимательство. – 2015. – №11-2 (64). – С. 243-247. – 0,25 п.л., авт. 0,08 п.л.

26. Петухова М.С. Повышение эффективности деятельности сельскохозяйственных организаций / М.С. Петухова, С.А. Шелковников, К.Г. Шрам [и др.] // Экономика и предпринимательство. – 2014. – №12-2 (53). – С. 751-755. – 0,25 п.л., авт. 0,05 п.л.

Монографии

27. Петухова М.С. Долгосрочный прогноз научно-технологического развития зерновой отрасли России. Новосибирский государственный аграрный университет – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2021. – 180 с. – 11,25 п.л., авт. 11,25 п.л.

28. Петухова М.С. Мониторинг и прогнозирование научно-технологического развития АПК России на период до 2030 года / М.С. Петухова, Е.В. Труфляк, Н.Ю. Курченко [и др.]; Саратовский государственный аграрный университет. – Саратов: ООО «Амирит», 2020. – 328 с. – 20,5 п.л., авт. 0,4 п.л.

29. Петухова М.С. Прогноз научно-технологического развития отрасли растениеводства, включая семеноводство и органическое земледелие России, в период до 2030 года / М.С. Петухова, А.Г. Папцов, А.И. Алтухов [и др.]; Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск, 2019. – 100 с. – 6,25 п.л., авт. 0,4 п.л.

30. Петухова М.С. Организационно-экономический механизм государственной поддержки расширенного воспроизводства в сельском хозяйстве региона / М.С. Петухова, А.Т. Стадник, С.А. Шелковников; Новосибирский госу-

дарственный аграрный университет. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2019. – 102 с. – 6,4 п.л., авт. 2,1 п.л.

Прочие публикации по теме диссертационного исследования

31. Петухова М.С. Исследование закономерностей зернового производства России в контексте его научно-технологического развития // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса: сб. тр. междунар. науч.-практ. конф. / Новосибирский ГАУ. – Новосибирск, 2020. – С 118-122. – 0,25 п.л., авт. 0,25 п.л.

32. Петухова М.С. Урожайность как интегральный показатель научно-технологического развития отрасли растениеводства // Труды международной научной онлайн-конференции «АГРОНАУКА-2020» / Сиб. Фед. науч. центр агробιοтехнологий РАН, Гос. публ. науч.-технич. биб-ка Сиб. Отд. РАН, Новосиб. гос. аграр. ун-тет. Новосибирск: Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН, 2020. – С. 322-325. – 0,25 п.л., авт. 0,25 п.л.

33. Петухова М.С. Периодичность научно-технологического развития зернового производства России // М.С. Петухова, Е.В. Рудой / Развитие регионального АПК и сельских территорий: современные проблемы и перспективы: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию СибНИИЭСХ СФНЦА РАН. Новосибирск: Издательский центр НГАУ «Золотой колос», 2020. – С. 8-10. – 0,19 п.л., авт. 0,06 п.л.

34. Петухова М.С. Когнитивное моделирование как инструмент сценарного прогнозирования отрасли растениеводства // Экономический обзор. – 2020. – №1 (3). – С. 25-29. – 0,31 п.л., авт. 0,31 п.л.

35. Петухова М.С. Особенности научно-технологического развития отрасли растениеводства // Экономический обзор. – 2020. – № 4 (5). – С. 23-26. – 0,25 п.л., авт. 0,25 п.л.

36. Петухова М.С. Формирование экосистемы научно-технологического развития АПК (на примере Новосибирской области) // Экономический обзор. – 2019. – № 2 (2). – С. 12-15. – 0,31 п.л., авт. 0,31 п.л.

37. Петухова М.С. Роль SWOT-анализа в научно-технологическом форсайте отрасли растениеводства // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: Сб. IV Всерос. (нац.) науч. конф.: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2019. – С. 497-500. – 0,25 п.л., авт. 0,25 п.л.

38. Петухова М.С. Методические основы моделирования научно-технологического развития зернового производства России // Экономический обзор. – 2019. – № 2 (2). – С. 41-43. – 0,19 п.л., авт. 0,19 п.л.

39. Петухова М.С. Теоретические основы прогнозирования научно-технологического развития отрасли растениеводства // Приоритеты стратегии научно-технологического развития России и обеспечение воспроизводства инновационного потенциала высшей школы: материалы Всерос. науч. конференции. Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет», 2019. С. 121-124. – 0,25 п.л., авт. 0,25 п.л.

40. Петухова М.С. Применение производственных функций при анализе производства продукции в отрасли / М.С. Петухова, О.В. Мамонов // Теория и

практика современной аграрной науки: сб. II Национ. (всерос.) конф. Новосибирский ГАУ. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2019. С. 543-546. – 0,25 п.л., авт. 0,12 п.л.

41. Петухова М.С. Методика сценарного прогнозирования научно-технологического развития отрасли растениеводства на основе производственных функций / М.С. Петухова, Е.В. Рудой, О.В. Мамонов // Теория и практика современной аграрной науки: сб. II Национ. (всерос.) конф. Новосибирский ГАУ. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2019. С. 549-552. – 0,25 п.л., авт. 0,08 п.л.

42. Петухова М.С. Прогнозирование валового сбора зерна в Новосибирской области с учетом технологического развития // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2019. – №8. – С. 132-134. – 0,19 п.л., авт. 0,19 п.л.

43. Петухова М.С. Архитектура прогноза научно-технологического развития отрасли растениеводства России до 2030 года // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. – №8-2. – С. 95-97. – 0,25 п.л., авт. 0,25 п.л.

44. Петухова М.С. Анализ индикаторов перехода региона к «зеленой» экономике на примере Республики Алтай / М.С. Петухова, А.В. Глотко, Р.Т. Адарина // Сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф.: Межкультурный диалог и сотрудничество ЕС и России: опыт реализации проектов Жан Монне в Нижневарттовском государственном университете. Нижневарттовск, 2019. – С. 94-98. – 0,25 п.л., авт. 0,08 п.л.

45. Петухова М.С. Место и роль форсайта в цифровизации отрасли растениеводства / Е.В. Рудой, М.С. Петухова // В сб.: Цифровизация агропромышленного комплекса. – 2018. – С. 204-207. – 0,35 п.л., авт. 0,2 п.л.

46. Петухова М.С. Инновационный потенциал как фактор научно-технологического развития отрасли растениеводства / А.С. Денисов, Е.В. Рудой, М.С. Петухова // Сб. материалов междунар. науч.-практ. конф.: Перспективы развития агропромышленного комплекса: региональные и межгосударственные аспекты. Новосибирск. – 2018. – С. 12-15. – 0,35 п.л., авт. 0,1 п.л.

47. Петухова М.С. Концепция государственной поддержки перехода России к «зеленой» экономике / А.В. Глотко, М.С. Петухова, О.Н. Орлова // Материалы междунар. науч.-практ. конф.: Перспективы развития агропромышленного комплекса: региональные и межгосударственные аспекты. Горно-Алтайск. – 2018. – С. 62-65. – 0,25 п.л., авт. 0,08 п.л.

48. Петухова М.С. Оценка уровня научно-технологического развития сельского хозяйства России / М.С. Петухова, С.А. Шелковников // Сб. II Всерос. (нац.) науч. конф.: Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий. Новосибирский государственный аграрный университет. – 2017. – С. 885-889. – 0,25 п.л., авт. 0,12 п.л.

49. Петухова М.С. Организационно-экономический механизм государственной поддержки интенсификации сельскохозяйственного производства / М.С. Петухова, С.А. Шелковников // Сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов экономического факультета Новосибир-

ского ГАУ: Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса региона. Новосибирский государственный аграрный университет. – 2017. – С. 360-363. – 0,25 п.л., авт. 0,12 п.л.

50. Петухова М.С. Совершенствование системы государственной поддержки сельскохозяйственного производства // Материалы 55-й Междунар. науч. студенческой конференции: МНСК-2017: Экономика. Новосибирск. – 2017. – С. 106-107. – 0,2 п.л., авт. 0,2 п.л.

51. Петухова М.С. Развитие материально-технического обеспечения сельскохозяйственных организаций // В сб.: Проблемы и перспективы развития экономики и права в современных условиях. Горно-Алтайск, 2016. – С. 38-42. – 0,3 п.л., авт. 0,3 п.л.

52. Петухова М.С. Линейное программирование в определении оптимальной суммы государственной поддержки сельскохозяйственного производства / М.С. Петухова, С.А. Шелковников // Сб. материалов II междунар. очно-заоч. науч.-метод. и практ. конф.: Комплексное развитие сельских территорий и инновационные технологии в агропромышленном комплексе. – 2016. – С. 199-204. – 0,35 п.л., авт. 0,18 п.л.

53. Петухова М.С. Развитие агропромышленного комплекса в условиях реиндустриализации Новосибирской области // В сб. Междунар. науч.-практ. конф. в рамках Всерос. фестиваля науки: в 2 частях: Россия и новая экономика: ключевые векторы развития. Новосибирск, 2016. – С. 307-313. – 0,4 п.л., авт. 0,2 п.л.

54. Петухова М.С. Совершенствование механизма обновления материально-технической базы сельскохозяйственных организаций // Шелковников С.А., Кононова Н.Н., Петухова М.С. В сб. Современная наука: проблемы, идеи, инновации. Москва. – 2015. – С. 87-101. – 0,25 п.л., авт. 0,08 п.л.

55. Петухова М.С. Оценка эффективности государственной поддержки технической модернизации сельского хозяйства / М.С. Петухова, С.А. Шелковников // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2015. – №2. – С. 122-125. – 0,25 п.л., авт. 0,12 п.л.

56. Петухова М.С. Совершенствование системы рыночно-индикативного управления сельхозпроизводством (на материалах Новосибирской области). Материалы Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, проводимой в рамках II Междунар. форума студентов, аспирантов и молодых ученых «Управляем будущим!»: Общество в эпоху перемен: современные тенденции развития. Сибирский институт управления-филиал РАНХиГС. – 2014. – С. 51-52. – 0,1 п.л., авт. 0,1 п.л.

57. Петухова М.С. Оценка продовольственного рынка России /М.С. Петухова, С.А. Шелковников // Сб. материалов 3-й междунар. науч.-практ. конф.: Современные проблемы социально-экономического развития. Махачкала. – 2013. – С. 5-9. – 0,25 п.л., авт. 0,12 п.л.