

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный аграрный университет»

*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, комплек-  
сами. АПК и сельское хозяйство)

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
доктора экономических наук

Научный консультант:  
доктор экономических наук,  
профессор,  
член-корреспондент РАН  
Рудой Евгений Владимирович

Новосибирск 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА.....                                                      | 15  |
| 1.1 Понятие и сущность научно-технологического развития зерновой отрасли.....                                                             | 15  |
| 1.2 Роль научно-технического прогресса в долгосрочном экономическом развитии зернового производства .....                                 | 27  |
| 1.3 Особенности научно-технологического развития зерновой отрасли России.....                                                             | 38  |
| 2.МЕТОДОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА .....                                               | 50  |
| 2.1 Теоретические основы прогнозирования научно-технологического развития зернового производства.....                                     | 50  |
| 2.2 Методологические подходы к разработке прогнозов научно-технологического развития зернового производства.....                          | 62  |
| 2.3 Методика сценарного прогнозирования на основе когнитивного моделирования научно-технологического развития зернового производства..... | 79  |
| 3. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ДИНАМИКА НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА РОССИИ.....                                   | 87  |
| 3.1 Оценка уровня инновационного развития зерновой отрасли России ...                                                                     | 87  |
| 3.2 Построение когнитивной карты научно-технологического развития зернового производства России.....                                      | 101 |
| 3.3 Ретроспективный анализ динамики урожайности зерновых культур и ее периодичность .....                                                 | 111 |
| 4. ПРОГНОЗ ДОЛГОСРОЧНОГО НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА РОССИИ.....                                              | 127 |
| 4.1 Приоритетные направления развития науки, техники и технологий в зерновом производстве России.....                                     | 127 |
| 4.2 Сценарии долгосрочного развития зерновой отрасли России .....                                                                         | 144 |
| 4.3 Перспективные для России рынки продукции и технологий в зерновой отрасли.....                                                         | 158 |
| 5. МЕХАНИЗМ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДОЛГОСРОЧНОГО НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЗЕРНОВОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ ...                                      | 171 |
| 5.1 Экосистема научно-технологического развития зернового производства России.....                                                        | 171 |
| 5.2 Механизм прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития зернового производства.....                                   | 184 |
| 5.3 Таймлайн долгосрочного научно-технологического развития зернового производства России .....                                           | 194 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                                                                                                                          | 209 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....                                                                                                                   | 215 |

## ВВЕДЕНИЕ

**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 позволит 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. Беспяхотным, 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. Узун, 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 развития 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 работ, 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 коэффициентов 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.). Последнее, 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., агробиотехнологий – \$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 агробиотехнологии.

**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.

## **1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

### **1.1 Понятие и сущность научно-технологического развития 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 [165].

В современном мире лидирующая роль принадлежит тем странам, которые обеспечивают высокие темпы экономического развития за счет эффективного использования ресурсов посредством новейших технологий. Экономика неразрывно связана с тенденциями и перспективами развития науки, техники и технологий. Наука и технологии стали значимым ресурсом решения социально-экономических задач и повышения конкурентоспособности страны. При этом, сфера науки и технологий является сложным и динамично изменяющимся объектом, на который оказывают влияние политические, экономические, социальные и другие внешние факторы.

В настоящее время господствует понимание того, что именно темпы и направления научно-технологического развития экономики определяют ее социально-экономическое процветание и конкурентоспособность на мировых рынках. Технологии становятся основой устойчивого экономического роста,

определяющегося качеством экономической динамики. Формирование такого роста происходит за счет интенсивных и инновационных факторов развития: исследований и разработок, инноваций, реализованных в новой продукции и технологиях. Научно-технические и технологические достижения XX в. в рамках научно-технической революции стали главной причиной роста национальных доходов стран, революционного изменения преобладающего индустриального технологического уклада и становления – постиндустриального, основанного на знаниях и информации.

В понятии «научно-технологическое развитие» все три составляющих (наука, технология и развитие) имеют собственное значение, определяющее конечную цель данного процесса. Поэтому необходимо изучение каждого термина по-отдельности, раскрытие их сущности.

Начнем с термина «развитие». Большая «Новой философской энциклопедии», развитие представляет собой высший тип движения и изменения в природе и обществе, который приводит к переходу от одного качества, состояния к другому, от старого к новому [204]. Процесс развития – это не любое изменение объекта, а только то, которое преобразует его внутреннее строение, структуру, т.е. совокупность функционально связанных друг с другом элементов, отношений и зависимостей. Одни из этих элементов служат для образования процесса (т.е. то, что развивается), другие – его условием. Образующие элементы – это исходный пункт процесса и его результат. Механизм развития формально можно представить в виде прямой, связывающей исходный пункт с конечным, и отражающей суть происходящих изменений, которая является и вектором, характеризующим направление этих изменений. Условия процесса развития – это те элементы, которые обеспечивают преобразование исходного пункта в конечный. Их необходимо отличать от внешних, исторических условиях процесса развития, которые также способствуют преобразованиям. Развитие – это изначально не количественные, а качественные изменения в структуре объекта. Это ряд исторических состояний объекта, переходов от одного к другому, т.е. временной ряд. Но развитие – это не функция

объективного хода времени как такового, а жизнедеятельности самого объекта. Источник развития объекта заключается в нем самом.

В философии существует две точки зрения на процесс развития. Согласно первой, основной, развитие – это бесконечное движение по восходящей спирали, которое также включает в себя отступления назад, но сохраняет прогрессивную направленность. Другая философская школа выдвигает идеи исторического круговорота (А. Тойнби) или эсхатологической картины «конца мира» (О. Хаксли).

Согласно гегелевской диалектике, источником саморазвития системы выступают внутренние противоречия. В марксистской диалектике в основе развития лежит материальная действительность. В.И. Лениным развитие было изучено всесторонне, определено соотношение эволюционной и революционной форм развития, показано значение революционных скачков в развитии общества.

Австрийский экономист Й. Шумпетер охарактеризовал развитие следующим образом: «...особое, различимое на практике и в сознании явление, которое не встречается среди явлений, присущих кругообороту или тенденции к равновесию, а действует на них лишь как внешняя сила. Оно представляет собой изменение траектории, по которой осуществляется кругооборот, в отличие от самого кругооборота, представляет собой смещение состояния равновесия, в отличие от процесса движения в направлении состояния равновесия, однако не любое такое изменение или смещение, а только, во-первых, стихийно возникающее в экономике, и, во-вторых, дискретное, поскольку все прочие изменения и так понятны и не создают никаких проблем» [245].

Здесь следует отметить разницу между понятиями «экономическое развитие» и «экономический рост». Первое определяется преимущественно качественными факторами, а второе – количественными. При экономическом росте количественные изменения не приводят к нарушению состояния равновесия. Развитие же всегда характеризуется структурными качественными изменениями, которые кардинально преобразовывают систему. В основе развития

всегда лежат инновации. При этом, и развитие, и рост разнообразиями экономической динамики.

Отдельно стоит рассмотреть генезис понятия «научное развитие». Ярким представителем теории научного развития является Т. Кун: «История... могла бы стать основой для решительной перестройки тех представлений о науке, которые сложились у нас к настоящему времени». Он ввел такие понятия как «научная парадигма», «научное сообщество», «нормальная наука», «научная революция». Центральным понятием в теории Куна выступает парадигма, которое, с одной стороны, задает образцы, средства постановки и решения проблем в рамках «нормальной науки», а с другой, является некоторым содержательным центром, вокруг которого происходит объединение научного сообщества. Нормальная наука – это исследования, базирующиеся на одном или нескольких прошлых научных достижениях, т.е. парадигмы. Таким образом, парадигма представляет собой научные достижения, которые в течение некоторого периода времени признаются научным сообществом и выступают основой для его дальнейшей практической деятельности [98].

Согласно Куну, «развитие науки происходит в форме постепенного процесса, в котором факты, теории и методы формируют возрастающий запас достижений, представляющих собой научную методологию и знание [98]. Научная революция приводит к смене главенствующей парадигмы. Переход... к новой парадигме – это не кумулятивный процесс, и он не осуществляется посредством расширения старой парадигмы. Это реконструкция области на новых основаниях» [187].

Происхождение термина «технология» связано с Древней Грецией, где оно обозначало ремесло, мастерство и учение, т.е. дословно «наука о мастерстве». При этом технология связана не только с модернизацией производства, но и с расширением сферы научного познания вещей и явлений. Термин «технология» появился в отечественной научной литературе в 80-х годах XX в. И стало означать единство технологии, техники и оборудования, организованного труда и механизма управления. Эти 4 компонента отвечают на вопросы

«как производить?», «чем производить?» «кто производит?» и «зачем производить?». Изначально в СССР использовался термин «научно-технический прогресс», который представлял собой самостоятельное развитие технологических процессов, машин и оборудования, материалов, приборов, методов и систем управления. Обычно НТП – это процесс непрерывного совершенствования и развития средств и предметов труда, технологий производства продукции, форм организации производства на базе достижений науки, техники, практики [86, 104].

В современной литературе термин «технология» трактуется как практическое использование знаний в промышленности. Знание в данном случае – это систематизированная человечеством информация о каком-либо объекте, источником которой выступает, с одной стороны, приобретенный опыт, а с другой – научные исследования. Причем первичным здесь является наука, т.е. фундаментальные исследования, которые посредством прикладных исследований и разработок внедряются в производство [104].

Отличие техники и технологий заключается в том, что если техническое развитие основывается преимущественно на практическом опыте, то технологическое – обязано своим происхождением науке.

Рассмотрим генезис понятия «технологическое развитие». Согласно Большой советской энциклопедии, технология представляет собой совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката, осуществляемых в процессе производства продукции. Обычно понятие «технология» обозначает нематериальную часть производственного процесса, а «техника» – это материальная составляющая (машины, оборудование) [63]. Т.е. под технологией в узком смысле понимается совокупность приемов и способов, в широком – знания о способах и приемах целевого преобразования различных сред (материальной, энергетической, информационной) [44]. Основным свойством технологических преобразований является их целенаправленность – достижение необходимой цели.

Вопрос изучения взаимосвязи науки, технологий и экономического роста обладает важным теоретическим и практическим значением для системы отраслевого стратегического планирования. Разработка прогноза научно-технологического развития зернового производства – это комплексная задача, для решения которой требуется совершенствование теоретических и методических основ прогнозирования и их адаптация к отрасли.

В результате проведенных исследований выявлено, что наука является фундаментом всего процесса научно-технологического развития, первоначальным этапом. Исследования и разработки, полученные на этом этапе после реализации их в практическом производстве, становятся технологиями. Т.е. технология зарождается из науки. А техника – это уже материальное воплощение технологии производства. С ростом общественных потребностей требования к технике увеличиваются и здесь опять настает черед науки, позволяющей модернизировать производство или перевести его на новый технологический уклад (рис. 1).



Рисунок 1 – Взаимодействие науки, технологии и техники в общественном производстве

Таким образом, можно предположить, что «технологическое развитие» – необратимое, направленное, закономерное изменение совокупности приемов и способов, а также знаний о них целевого преобразования различных сред. Также под технологическим развитием понимается процесс

использования научных исследований в новых производственных процессах, разработках, изготовлении продукции и товаров потребления, в деятельности субъектов [244].

Стоит отметить, что понятия «технологическое развитие» и «развитие технологий» нетождественные, т.к. первое предполагает распространение технологий в стране или определенной отрасли, а второе – внедрение результатов исследований и разработок в производство.

Научно-технологическое развитие – это развитие, основанное на инновациях и непрерывном технологическом совершенствовании экономики.

Согласно Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, «научно-технологическое развитие представляет собой трансформацию науки и технологий в ключевой вектор развития России и обеспечения способности страны эффективно отвечать на большие вызовы». «Большие вызовы, в свою очередь – это проблемы, угрозы и возможности, объективно требующие внимания со стороны государства, сложность и масштаб которых заключается в невозможности их устранения или реализации исключительно за счет увеличения ресурсов» [129]. Необходима подготовка сельскохозяйственного производства к вызовам, которые еще не проявились и не получили широкого распространения, и своевременная оценка рисков, обусловленных научно-технологическим развитием. Главная роль здесь принадлежит фундаментальной науке как системообразующему институту долгосрочного развития отрасли, обеспечивающей получение новых знаний и опирающейся на собственную логику развития [110].

«В рамках научно-технологического развития наука и технологии являются разными сферами общественного труда и сохраняют свою относительную самостоятельность. Если научное познание занимается изучением законов развития природы и общества, то техника и технологии – объединяют в себе два начала – науку и практику. При этом, научное и технологическое развитие в современном мире не могут протекать по отдельности. Наука ориентируется на нужды практической деятельности и перестает быть лишь

социокультурным явлением, т.е. преобразуется в непосредственную производительную силу» [104].

Форма проявления научно-технологического развития – это научно-технический прогресс. Научно-технический прогресс выступает в форме взаимосвязанного поступательного развития науки и техники, проявляющегося в виде постоянного воздействия научных открытий на уровень, используемых в производстве, техники и технологий [97]. Посредством НТП преобразуются и развиваются средства труда и общественное производство.

Выделяют 2 формы НТП:

- 1) эволюционная – медленное накопление научных идей, приводящее к качественному изменению техники, и ее использование при соответствующем уровне производительных сил. Данная форма НТП совершенствует производственный процесс в рамках одного и того же технологического принципа;
- 2) революционная – качественно новые изменения во всех основных элементах производительных сил, их переход на новый уровень [248].

Стоит отметить 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. На практике НТП выражается в виде непрерывного совершенствования сельскохозяйственной техники и оборудования и внедрения новейших технологий и способов организации производства.

Сущность НТП заключается в изменении соотношения между механизированным и живым трудом, в относительном увеличении первого и в абсолютном или относительном уменьшении второго при абсолютном сокращении совокупных затрат труда [90]. Снижение общих трудовых затрат происходит в результате экономии живого труда посредством внедрения новой

высокопроизводительной техники. Таким образом, происходит высвобождение рабочей силы и сбережение труда, что является главной чертой научно-технического прогресса.

НТП сопровождается преобразованием всей технико-технологической основы производства, развитием машин и оборудования. Под его влиянием происходит переход от экстенсивного роста производства к интенсивному, когда объемы производства увеличиваются в результате роста производительности труда, совершенствования технологии и организации производства.

Научно-технический прогресс – это процесс, который в большинстве случаев с помощью традиционных методов прогнозирования предугадать невозможно, так как технологические изменения носят объективный характер и не зависят от стратегических планов.

НТП неразрывно связан с развитием науки. Он представляется единым, взаимообусловленным поступательным развитием науки и техники. Поступательное развитие отраслей экономики происходит не только за счет ее технологического развития, но и роста научного потенциала. Только наука способна выступить основой управленческих и технологических решений, сформулировать ответы на вызовы современности и определить способы предвидения и предотвращения разнообразных кризисных явлений.

Существование научно-технического прогресса происходит не само по себе, а в качестве составляющей общественного прогресса. НТП занимает промежуточное положение между природой и обществом, что объясняет его подчиненность, с одной стороны, законам природы, с другой – законам развития общества. В тоже время, закономерности развития природы и общества не являются закономерностями технического развития. Они имеют собственный характер, являющийся результатом синтеза объективных законов природы и субъективной деятельности человека.

Научно-технический прогресс зернового производства необходимо рассматривать как большую и сложную систему «труд, капитал, земля» с учетом

всех прямых и обратных связей между ее элементами, т.е. С позиции системного подхода.

Современные наука и технология являются основными в рыночной конкуренции. Научно-техническая продукция выступает конечным результатом фундаментальных знаний и важнейшим фактором повышения конкурентоспособности отраслей экономики.

Как уже говорилось выше, смена парадигмы в истории человечества происходит в результате научно-технической революции – это качественное изменение в развитии науки, техники и материального производства, при котором наука превратилась в ведущий фактор технического и социального прогресса, подготовивший общество во вступление в пост индустриальную фазу своего развития. Такие качественные изменения носят название технологических сдвигов.

Технологические сдвиги возникают тогда, когда производство сталкивается с проблемами, которые невозможно решить с помощью частных улучшений, базирующихся на практическом опыте, а наука накапливает сумму знаний и эмпирических знаний, позволяющих найти теоретическое и практическое решение возникшей проблемы.

Научно-технологическое развитие, как и развитие экономики в целом – это циклический процесс. Цикличность широко распространена в природе и обществе и представляет собой повторяемость явлений через определенные промежутки времени [249].

В зависимости от длительности различают следующие виды циклов в зерновом производстве:

- 1) долгосрочные – 45-60 лет (длинные волны Кондратьева циклы смены поколений, управленческие циклы);
- 2) среднесрочные (11-летние солнечно-земные циклы А. Чижевского);
- 3) краткосрочные (2-летние циклы колебания урожайности зерновых в умеренном поясе).

Цикличность имеет место во всех странах и обуславливается колебательными движениями уровня производства, объема инвестиций, занятости и дохода в результате чего происходит повышение или снижение деловой активности в экономике.

Экономические циклы подразделяются на 4 типа:

1) краткосрочные циклы Китчина – 3-4 года – связаны с движением товарно-материальных запасов. В настоящее время эти циклы стали связывать с опозданием во времени информации, которая оказывает влияние на принятие управленческих решений;

2) среднесрочные циклы Жюгляра – 7-11 лет – колебания в уровне загрузки производственных мощностей и объемах инвестиций в основной капитал;

3) циклы Кузнеца – 15-20 лет – связаны с демографическими процессами и инфраструктурными изменениями;

4) длинные волны Кондратьева (К-волны) – 45-60 лет. Выявил «эмпирические правильности»: начало фазы подъема волны связано с внедрением технических изобретений, сама фаза подъема сопровождается социальными катаклизмами, а во время фазы спада сильнее всего «страдает» сельское хозяйство.

В сельском хозяйстве, один из первых, кто выявил цикличность был У.С. Джевонс в 1862 г. Он определил регулярно повторяющиеся периоды повышенной солнечной активности, которые одновременно с этим являются и годами природно-климатических аномалий на планете [11]. Все это приводит к кризису в сельском хозяйстве. У.Х. Бевериджем обнаружено несколько циклов в долгосрочной динамике цен на пшеницу [2]. Х.Л. Мур полагал, что хороший урожай облегчает начало нового периода и увеличивает продолжительность его подъема и, соответственно сокращает период спада.

Эволюция техники и технологий обуславливает наличие закономерностей, выявление которых даст возможность не только прогнозировать будущее НТП, но и управлять им.

Советским ученым Генрихом Альтшуллером в 1946 г. предложена теория решения изобретательских задач (ТРИЗ), основанная на следующих предположениях:

- «изобретательское творчество связано с изменением техники, развивающейся по определенным законам»;
- «создание новых средств труда должно, независимо от субъективного к этому отношения, подчиняться объективным закономерностям».

Т.е. создание новых технологий и их внедрение в производство – это не субъективный, а объективный процесс, который имеет свои закономерности.

Научно-технологическое развитие зернового производства – это качественные изменения в технологическом базисе производства, приводящие к экономическому росту, путем развития фундаментальной и прикладной науки, технологий, создания инновационной продукции за счет использования существующего научно-технологического потенциала [179]. В настоящее время научно-технологическое развитие является одним из наиболее приоритетных направлений государственной политики РФ, обеспечивающее конкурентоспособность страны на мировых рынках.

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.

Таким образом, наука является фундаментом опережающего развития не только в современном обществе, но и в будущей цивилизации. Главные требования к науке и технологиям будущего в зерновом производстве – это

энергоэффективность и ресурсосбережение, а также народнохозяйственное значение, экономическая эффективность и экологичность.

Научно-технологическое развитие отрасли имеет циклический и периодический характер. Этапы научно-технического и технологического развития базируются на качественных сдвигах в развитии науки, техники и технологий. Их анализ необходим для прогнозирования будущих сдвигов и этапов научно-технологического развития.

## **1.2 Роль научно-технического прогресса в долгосрочном экономическом развитии зернового производства**

Традиционно факторами долгосрочного экономического развития являются первичные ресурсы, труд, капитал и технический прогресс. В зерновом производстве первичным ресурсом выступает земля. Земля – это исчерпаемый ресурс. Истощение ее плодородия и невозможность быстрого восстановления свойств почвы становятся ограничением экономического роста, которое возможно преодолеть только путем снижения материалоемкости производства. Последнее зависит от уровня используемых технологий.

Как показывают результаты проводимых исследований, в XXI в. происходят существенные изменения в структуре факторов экономического роста. Снижение темпов роста численности населения, трудовых ресурсов, а также дефицит природных ресурсов и рост затрат на экологию приводят к смене вектора трудового и природного факторов. Эти факторы становятся ограничителями экономического роста в результате чего необходимо более активное использование фактора научно-технического прогресса и оптимизация структуры воспроизводства.

В современных условиях высокой конкуренции стран за необходимые ресурсы на первый план выходят методы и инструменты более эффективного их использования, т.е. технологии. Темпы и направления научно-технологического развития являются определяющим фактором в обеспечении социально-

экономического процветания страны, ее конкурентоспособности на мировых рынках. В современных условиях именно новые технологии оказывают влияние на устойчивость экономического роста, в формировании динамики которого участвуют такие факторы, как исследования и разработки, инновации, реализованные в форме новых продуктов и технологий.

Научно-технический прогресс и инновации – это ключевые факторы долгосрочного экономического развития зернового производства, которые способны осуществить прорывной сценарий для отрасли. Совершенствования науки, техники и технологий позволяют создать в экономической системе внутреннюю энергию, которая, во-первых, дает возможность удовлетворить те же потребности на другой технологической основе, а во-вторых, изменить структуру потребностей и всю производственную систему. Последствия этих изменений проявляются в виде дисбаланса и нарушения равновесия в отрасли, но в то же время приводят к переходу социально-экономической системы в новое качество.

Роль научно-технологического развития определяется его вкладом в валовой внутренний продукт, который быстро увеличивается в последние десятилетия.

Анализ экономической литературы показывает, что единой концепции научно-технического прогресса нет, при том, что наличие технико-технологического фактора в математических моделях экономического роста признается многими учеными.

Роль научно-технологического развития и научно-технического прогресса в экономическом росте изучается в рамках теории инноваций. По мнению автора, интересен взгляд Ю.В. Яковца на классификацию этапов становления данной теории. Согласно его исследованиям, первым этапом эволюции теории инноваций является фундаментальный этап (1910-1940 гг.), в рамках которого произошло формирование основных концепций теорий длинных волн и циклов и формулирование основных ее положений. Наиболее яркими представителями этапа являются Н. Кондратьев, П. Сорокин, М. Туган-

Барановский, Й. Шумпетер [49]. Туган-Барановский и Кондратьев считали, что инновации являются основой экономических и технологических циклов. Первый объяснял смену фаз промышленных циклов колебаниями размеров инвестиций в инновации. Второй – циклические волны в экономике объяснял этапами создания и внедрения технических изобретений [44].

На втором этапе – этапе детализации (1940-1970 гг.) Дж. Берналом, С. Кузнецом, Р. Солоу и Б. Твиссом развиты сформированные ранее инновационные идеи в форме прикладных исследований. И третьим этапом стал теоретический прорыв (1970-2000 гг.), когда были разработаны новые подходы к классификации инноваций, сформированы концепции национальных и региональных инновационных систем. К представителям данного этапа относятся А. Анчишкин, Я. Ван Дейн, С. Глазьев, О. Голиченко, А. Дынкин, В. Иванов, Н. Иванова, Б. Кузык, Б. Лундвалл, Г. Менш, К. Фримен и Ю. Яковец [49].

Многочисленными экономистами отводится центральное место в обеспечении экономического роста развитию технологий. При чем не только технологиям как таковым, но и технологическому прогрессу. Развитие моделей экономического роста связано с именами Р.М. Солоу, П. Ромера, К. Д. Эрроу, Ж. Дебрё, Л. Маккензи, Д.Р. Хикса.

По мнению Н.Д. Кондратьева «само развитие техники включено в закономерный процесс экономической динамики». Развитие научно-технического прогресса происходит неравномерно во времени – циклически. В результате Кондратьевым в 1920-х гг. были открыты циклические колебания в экономике и доказано, что «повышательная» стадия циклов связана с волной технических изобретений и их реализации в форме инноваций. Длинные циклы, продолжительностью около 50 лет были названы «большими циклами Кондратьева» [91].

Наиболее значимыми теориями являются те модели экономического роста, которые возникли на основе моделей Й. Шумпетера. Он считал, что динамически экономический рост происходит посредством инноваций: новые товары, новые технологии, новые формы организации производства и т.д.

Й. Шумпетер обосновывает цикличность развития экономики, обусловленной неравномерностью научно-технического прогресса. Шумпетер в 1939 г. в своем труде «Экономические циклы» установил связь между циклами Кондратьева (50-60 лет), Жюгляра (9-11 лет) и Китчина (40 мес.) и инновационными процессами [146, 169].

Основными положениями теории Й. Шумпетера являются:

- 1) экономический рост осуществляется в цикличной форме, где драйвером выступают инновации;
- 2) ввел понятия «жизненный цикл инноваций» и «процесс созидательного разрушения»;
- 3) обосновал слияние жизненных циклов инноваций в кластеры;
- 4) сформулировал концепцию подвижного, динамического равновесия в зависимости от разных видов инноваций [245].

Нобелевский лауреат С. Кузнец в своих исследованиях называл развитие технологии основным источником экономического роста. Им введено понятие эпохальных нововведений, которые становятся источником переворотов, происходящих раз в несколько столетий и приводят к глубочайшей трансформации экономики [12]. «Экономический рост в индустриальный век, по его мнению, обусловлен ускоренным развитием науки: «массовое применение технологических нововведений, составляющие в значительной степени суть современного экономического роста, тесно связано с дальнейшим прогрессом науки, который в свою очередь, образует основу дальнейшего технического прогресса» [49].

Труды английского физика и социолога Дж. Бернала посвящены научно-историческому исследованию развития технологий и науки, в которых систематизирована и представлена единая картина прогресса науки, а также описаны и интерпретированы взаимоотношения между наукой и другими аспектами истории [49]. Его основным выводом стало выявление следующей закономерности: если на первоначальных этапах наука следовала за развитием промышленности, то потом научные открытия стали базисом для новых

технологий. Также он отметил, что «периоды расцвета науки обычно совпадают с периодами усиления экономической активности и технического прогресса».

Интересен вклад Карла Маркса в теорию экономического роста, в рамках которой он соотносил сбережения, превращаемые в инвестиции с технологическими и техническими изменениями. Маркс считал, что человеку необходима эксплуатация машин, а не себе подобных. То есть он обратил внимание не только на количественные, но и качественные показатели экономического роста.

Продолжателем учения Шумпетера стал Г. Менш, которым было введено понятие «технологический пат» – глубокий структурный кризис, выход из которого невозможен без технологических изменений. Т.е. промышленное развитие происходит в результате перехода от одного технологического пата к другому. Менш предположил возможность отображения каждого длинного цикла экономического развития в форме S-образной кривой, которая описывает траекторию жизненного цикла данной технологии. На завершающем этапе кривой появляется момент перехода к новой технологии, который приводит к структурной перестройке и нестабильности экономической системы. Данная идея была развита голландским экономистом А. Кляйкнехтом, утверждавшим, что новые технологии возникают в фазе депрессии, а новые формы организации производства – во время повышательной стадии длинной волны [187].

Английский экономист К. Фримен предполагал, что новый цикл возникает не в момент появления инноваций, а в процессе их диффузии. По его мнению, начало цикла совпадает с процессом перехода технологической парадигмы из нескольких лидирующих отраслей в традиционные секторы экономики. Т.е. было введено понятие «технологическая парадигма».

Согласно исследованиям К. Перес, «технико-экономическая парадигма представляет собой новое множество руководящих принципов, которые становятся руководящими для очередной фазы развития». Фундаментальный

сдвиг обуславливается становлением технико-экономической парадигмы на следующие 48-68 лет, который приводит к технико-управленческой революции, устанавливающей новую «лучшую хозяйственную практику». Каждая парадигма имеет свой предел роста, по достижении которого происходит революция в производстве [187].

Смена парадигм – это радикальное изменение преобладающих инженерных и управленческих принципов производства, образа мышления и взгляда на финансово-хозяйственную деятельность. По мнению К. Перес определяющим фактором каждой парадигмы является изменение структуры затрат. Также помимо технологических изменений во время перехода к новой парадигме происходят трансформационные процессы в сопряженных сферах, изменение форм организации производства в компаниях, появление новых навыков и компетенций работников. Возникают новые тенденции в отрасли, сопровождающиеся замещением более дорогих факторов интенсивным использованием ключевого фактора. Техничко-экономическая парадигма характеризуется волной инфраструктурных инвестиций, что приводит к ускоренному развитию отраслей [187].

В современных исследованиях продолжателем учения Кондратьева и Шумпетера стал С.Ю. Глазьев, который доказал, что циклы Кондратьева неразрывно связаны со сменой технологических укладов. Технологический уклад, по его мнению, это «... группы технологических совокупностей, связанных друг с другом однотипными технологическими цепями и образующие воспроизводящие целостности». Технологический уклад представляет собой уровень развития экономики, характеризующийся единым техническим уровнем составляющих его производств, которые связаны вертикальными и горизонтальными потоками качественно однородных ресурсов, опирающихся на общие ресурсы квалифицированной рабочей силы, общий научно-технический потенциал [61]. По мнению Глазьева, научно-технический прогресс обуславливает переход от низких укладов к более прогрессивным. При этом, последующий технологический уклад начинает зарождаться в период расцвета

предыдущего [70]. По исчерпанию всех возможностей своего развития происходит полноценное начало нового технологического уклада. Глазьев в своих исследованиях особое внимание уделял интеллектуализации факторов производства и отнесению знаний и информации к новому фактору производства [184, 187].

Т. Кушинский использовал спектральный анализ, чтобы выявить длинные волны в мировом производстве продукции сельского хозяйства, объеме мирового экспорта, инновациях, изобретениях, промышленном производстве в период 1850-1976 гг.

Закономерности научно-технического прогресса также были рассмотрены в трудах российского экономиста, академика А.И. Анчишкина. Он выделил 3 научно-технических революций с конца XVIII в. по настоящее время. Четвертая научно-техническая революция, по его мнению, будет связана с электроникой и биотехнологиями, ростом важности информации и расширенным воспроизводством, основанным на материализации научных знаний [32].

В современных исследованиях довольно популярен экосистемный подход к инновационной деятельности, предложенный Робертом Айресом. Он основывается на аналогии инновационного процесса с природными процессами и явлениями. Основным отличием между ними является то, что в природе эволюционный процесс – это результат случайных мутаций, а в экономике – целенаправленных исследований и разработок. Идеи Айреса продолжены совместной работой К. Факуды и К. Ватанабе, которые полагали, что основная цель инновационной экосистемы заключается в установлении стабильности, состоящей из устойчивости, гибкости и функциональной избыточности [187].

Таким образом, научно-технологическое развитие зернового производства происходит в форме последовательно сменяющих друг друга периодов, которые предложено называть «периоды с постоянным уровнем технического развития» (далее – периоды). 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 [187].

Обобщенно влияние науки и технологий на экономическое развитие проявляется в форме соотношения между элементами экстенсивного и интенсивного роста.

Прогнозирование научно-технологического развития отрасли растениеводства посредством производственных функций – это один из наиболее универсальных способов моделирования будущего состояния отрасли и наиболее вероятных траекторий ее развития, так как изучает зависимость уровня производства от основных факторов: труд, капитал, земля. Параметры функции представляют собой коэффициенты эластичности, которые в свою очередь определяют используемые в производстве технологии [30, 156]. Построение производственных функций с определенным набором факторов производства и параметрами дает возможность моделировать различные сценарии научно-технологического развития отрасли растениеводства [148].

Стандартной неоклассической моделью влияния научно-технического прогресса на экономическое развитие является модель Р. Солоу, которая основана на производственной функции Кобба-Дугласа. В модели Солоу предполагается, что движущей силой роста служит накопление производственного капитала. Дальнейшее моделирование научно-технического прогресса в производственных функциях связано как с усложнением зависимостей между факторами производства и его результатом, так и с расширением количества факторов (затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР), численность научных работников и т.п.). Однако разложение экономического роста по факторам посредством производственных функций не дает возможность анализа содержания НТП, а лишь определяет его существенную роль в экономическом росте [27].

Я. Тинберген в 1942 г. предпринял одну из первых попыток сформулировать условия количественного измерения научно-технического прогресса с помощью модифицированной функции Кобба-Дугласа. Суть модификации заключалась в вводе в имеющуюся формулу дополнительно экспоненциальной функции, которая отражает параметры, увеличивающиеся с течением времени объем выпуска продукции без увеличения объема привлеченных ресурсов [64, 209].

Производственные возможности отрасли растениеводства определяются технологическими условиями производства продукции, которые выражаются зависимостями между затратами различных ресурсов и выпуском продукции. Такие соотношения являются основными элементами для большинства моделей прогнозирования [180].

Зависимость максимально возможного валового сбора зерновых культур от количества используемых ресурсов моделируется посредством производственных функций, практическое применение которых осуществляется преимущественно в прогнозировании [2]. Применение производственных функций при прогнозировании научно-технологического развития отрасли обуславливается тем, что с их помощью появляется возможность получить достаточно полное представление о характере производства и объемах используемых факторов, т.е. о технологии производства. Технологии оказывают существенное влияние на изменение количества и качества факторов производства, которые проявляются, например, в снижении трудоемкости, увеличении производительности и урожайности.

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 [179].

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

$$Y = a_0 L^{a_1} K^{a_2} S^{a_3}$$

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.

Если в качестве производственной функции используется степенная функция, то при сумме всех степеней факторов меньшей 1 предполагается, что валовой сбор увеличивается не быстрее, чем среднее увеличение факторов производства. Если же сумма степеней факторов больше единицы, то валовой сбор увеличивается быстрее роста факторов производства. При сумме степеней равной 1 среднее увеличение валового сбора совпадает темпом роста факторов производства [173].

Модель описывает зависимость валового сбора зерновых культур от используемых факторов производства: труд, капитал, земля. С ее помощью появляется возможность построения сценариев научно-технологического развития отрасли и прогнозирование размера валового сбора на долгосрочный период.

П. Ромер предложил модели, объясняющие устойчивый долговременный рост и межстрановую дифференциацию темпов. С его точки зрения, источником долговременного роста служит генерирование новых знаний, создающее положительные внешние эффекты, включая экономию масштаба на

макроуровне. В 2018 г. П. Ромер получил Нобелевскую премию за интеграцию технологических инноваций в долгосрочный макроэкономический анализ. Совместно с Р. Лукасом, Ромер основным фактором экономического развития рассматривали инвестиции в НИОКР и человеческий капитал. По их мнению, наилучшими перспективами для долгосрочного развития обладает экономика, которая базируется на науке и в качестве основного ресурса использует человеческий капитал с присущими ему навыками, умениями и знаниями [26].

На данный момент для описания развития систем широко используется логистическая функция, автором которой является П.Ф. Ферхюльст. Эта модель описывает рост населения при ограниченных ресурсах, а также изменение ограниченных величин, например, урожайности. По мнению Р. Фостера появление нововведений имеет повторяющуюся закономерность, которая описывается логистической кривой. Исследования показывают, что динамика технологических укладов и технологические сдвиги на практике описываются логистической кривой.

Значительную роль в развитии теории прогнозирования Н. Кондратьева сыграли исследования Ю.В. Яковца. Ученым разработана методология интегрального макропрогнозирования, позволяющая с высокой степенью надежности предвидеть долгосрочные тенденции развития национальных экономик и цивилизаций. Яковцем в труде «Закономерности научно-технического прогресса и их планомерное использование» в 1984 г. раскрыто значение циклов как всеобщей закономерности развития природы и общества и предложена новая классификация циклов. Также Ю.В. Яковец предложил собственную классификацию инноваций, среди которых для данного исследования наиболее значимыми являются эпохальные инновации (возникающие при смене цивилизационных циклов и технологических способов производства), базисные инновации (при смене технологических укладов и поколений техники) и улучшающие – способствующие распространению и совершенствованию новых поколений техники на базе новых моделей и улучшенных технологий [249]. Помимо этого, Яковец произвел обоснование экономического механизма

инновационного процесса посредством инновационного партнерства науки, образования и бизнеса и государства, где ведущую роль играет наука, а также показал необходимость государственной поддержки внедрения эпохальных и базисных инноваций [249].

Таким образом, научно-технический прогресс играет главенствующую роль в увеличении урожайности зерновых культур и валового сбора. Существует множество моделей, пытающихся описать роль НТП в производстве. Автором предложена модифицированная степенная производственная функция, где в качестве факторов зернового производства взяты показатели, характеризующие эффективность использования основных факторов производства.

Научно-технологическое развитие зерновой отрасли происходит в форме последовательной смены периодов с постоянным уровнем технического развития, каждый из которых имеет собственный ключевой фактор – тот, который используется наиболее эффективно и оказывает наибольшее влияние на рост валового сбора зерновых культур.

### **1.3 Особенности научно-технологического развития зерновой отрасли России**

Научно-технологическое развитие зернового производства на современном этапе основывается на внедрении достижений НТП в конструкцию новой сельскохозяйственной техники: тракторов, комбайнов и т.д. Результатами такого процесса выступает повышение качества производимой сельхозпродукции, надежности и производительности техники, ее эргономичности. Помимо этого, по-новому представляется взаимосвязь «машина-человек» и «машина-растение» в технических системах. Главной чертой современного зернового производства является комплексная механизация большинства технологических операций [165].

Эволюция научно-технологического развития зерновой, например, в форме повышения производительности труда определяется незначительными

количественными изменениями в работе сельскохозяйственной техники. Но это происходит только в устойчивом состоянии отрасли. Постепенно возрастающая информационная энтропия приводит к нарастанию неустойчивости в научно-технологическом развитии. Происходит переход количественных изменений в качественные, отражающихся в инновациях [39].

Комплексность научно-технологического развития зернового производства обуславливается необходимостью одновременного обеспечения совокупности его составляющих, которые включают в себя:

- создание и внедрение в производство передовых технологий;
- технико-технологическое перевооружение отрасли;
- развитие технологического инфраструктуры отрасли;
- производство высокотехнологичной продукции;
- развитие прикладной и фундаментальной аграрной науки;
- привлечение высококвалифицированных кадров, обладающих системным мышлением, развитыми организаторскими способностями и наличием знаний в сфере ИТ и биотехнологий.

Научно-технический прогресс в зерновом производстве основывается на присущих ему экономических и биологических законах. В связи с этим, научно-технологическое развитие отрасли обладает своими особенностями, вытекающими из специфики возделывания, уборки, хранения, транспортировки и переработки зерна [44].

Технологическая основа зернового производства – это система земледелия, которая представляет собой комплекс взаимосвязанных мероприятий (агротехнических и организационно-экономических), посредством которых обеспечивается рациональное использование сельскохозяйственных угодий и повышение урожайности культур. Т.е. технология отрасли растениеводства состоит из следующих элементов:

- 1) система севооборотов – правильный подбор предшественников для определенных сельскохозяйственных культур;

2) семеноводство – определение видов или сортов сельскохозяйственных культур, наиболее пригодных для выращивания в конкретных условиях;

3) удобрения – средства для повышения плодородия почвы (органические и минеральные);

4) средства защиты растений от вредителей – специальные химические вещества;

5) мелиорация – комплекс организационно-хозяйственных и технических мероприятий по улучшению гидрологических, почвенных и агроклиматических условий с целью повышения эффективности использования земельных и водных ресурсов для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур [248].

Эффективное использование сельхозугодий, средств производства и материальных ресурсов находится в прямой зависимости от внедрения научно обоснованных севооборотов, новых технологий и высокопроизводительной техники.

Так как все сельскохозяйственные культуры отличаются друг от друга биологическим составом, сроками вегетации и т.д., то научно-технологическое развитие должно происходить в направлении более полного и лучшего использования биологических особенностей конкретной зерновой культуры.

В настоящее время наука и технологии являются одним из основных рычагов экологизации и биологизации зернового производства – модернизации сельскохозяйственного производства с учетом возможностей биосферы. Направление научно-технического прогресса в русло биотехнологий и устойчивого развития позволит преобразовать технику и технологии из истощающих ресурсы в экологически безопасные [165].

Основным 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 и пр. характеризует научно-технологическое развитие подотрасли, его направление, темпы.

Научно-технологическое развитие отрасли, также, как и экономики в целом, носит циклический характер. Только особенность зерновой отрасли заключается в большей длительности циклов по сравнению с другими отраслями промышленности и высоким уровнем влияния на них природно-климатических факторов. Согласно проведенным исследованиям, эволюция производства зерна осуществляется с его историческим развитием и отражает этапы интенсификации производства [248].

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

Системный подход к описанию производственного процесса основывается на том, что это развитие подчиняется своим внутренним закономерностям, выявление и формулирование которых позволит установить основные его направления. Базовым положением системного подхода к НТП в производстве зерна выступает то, что он существует независимо от представлений исследователя, т.е. объективно. Проблема научно-технологического развития отрасли решается посредством совершенствования технологического процесса производства зерна в рамках установленных закономерностей.

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 (эмерджентные) 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 архаичные 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 [165];

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 роста 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 сельского хозяйства происходит в виде последовательной смены технологических укладов, как и в целом экономики. Однако, главная особенность отрасли заключается в несовпадении временных интервалов жизненных циклов с общеэкономическими технологическими укладами. Еще на начальных этапах индустриализации произошло отставание в уровне технологического развития сельского хозяйства от промышленности.

Зерновой подкомплекс России характеризуется многоукладностью при преобладании определенного технологического уклада. Причиной этому являются, во-первых, особенности развития сельскохозяйственного производства, а во-вторых – специфика формирования и развития рыночной конъюнктуры в агропромышленном комплексе. При этом, несмотря на смену технологических укладов в производстве зерна основа агротехнологии принципиально не изменялась (обработка земли, посев, уборка урожая). Отличие технологических укладов в рамках одной парадигмы заключается в совершенствовании орудий труда, от деревянных приспособлений до тракторов и комбайнов [187].

С.Ю. Глазьевым выделены 6 технологических укладов. Рассмотрим их по отдельности в отношении сельского хозяйства (табл. 1).

Таблица 1 – Краткая характеристика технологических укладов в сельском хозяйстве

| №  | Период, гг. | Краткое описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | 1770-1830   | Характеризуется простейшей механизацией труда в результате чего началось производство первых сельскохозяйственных орудий из железа и механизация отрасли.                                                                                                                                                                                     |
| 2. | 1830-1880   | Основывается на энергии пара и угля, что привело к росту масштабов механизации и концентрации сельскохозяйственного производства и появлению станков.                                                                                                                                                                                         |
| 3. | 1880-1930   | Использование в производстве электрической энергии. В этот период произошло развитие аграрной науки и активная фаза начала развития сельскохозяйственного машиностроения.                                                                                                                                                                     |
| 4. | 1930-1970   | Характеризуется появлением энергии углеводородов и двигателей внутреннего сгорания, что привело к комплексной механизации отрасли, электрификации, химизации и мелиорации сельскохозяйственного производства и «зеленым революциям» (переход от экстенсивного типа земледелия к интенсивному на основе внедрения современных агротехнологий). |
| 5. | 1970-2030   | Основывается на электронной и атомной энергетике и генной инженерии. В этот период происходит автоматизация, цифровизация и роботизация сельского хозяйства и внедрение в производство ресурсосберегающих технологий.                                                                                                                         |
| 6. | 2030-...    | В основе шестого технологического уклада находится наноэнергетика. Характеристиками данного этапа станут активное внедрение принципов устойчивого развития растениеводства, биотехнологии, генная инженерия и точное земледелие.                                                                                                              |

По мнению Р.С. Гайсина, в научно-технологическом развитии сельского хозяйства можно выделить 4 технологических уклада: доиндустриальный (1780-1930 гг.), индустриальный (1930-1990 гг.), индустриально-информационный (1990-2010 гг.) и технотронно-биотехнологический (2010-... гг.) [55]. Согласно такой классификации, можно предположить, что в каждом из технологических укладов доминирует определенный ресурс, который оказывает максимальное влияние на рост объемов производства продукции растениеводства [187]. В настоящее время мировое сельское хозяйство находится на пороге шестого технологического уклада. В частности, это США, Япония и Китай. При этом, например, в США лишь 5% производительных сил приходится на долю шестого технологического уклада. Россия сильно отстает от ведущих стран в этом процессе – доля пятого технологического уклада в нашей стране составляет около 10%.

Смена технологических укладов приводит к повышению отдачи от земли – увеличению урожайности зерновых культур. Однако такое повышение не может быть бесконечным, как при экстенсивном, так и при интенсивном расширении производства. В начале 2000-х гг. возникли первые сигналы о достижении предела научно-технологического развития отрасли (превышение спроса на продовольствие над его предложением) в рамках не только настоящего технологического уклада, но и самой агротехнологии производства зерновой продукции [56]. Отрасль находится на пороге перехода к новой технологической парадигме производства. Синтез новейших технологий с традиционным земледелием позволит решить проблему недостатка продовольствия во всем мире. Новая технологическая парадигма производства продукции растениеводства приведет к новому историческому этапу в развитии человечества, что требует кардинальных институциональных преобразований.

Для России в настоящее время важной задачей является не упустить момент перехода к новой технологической парадигме и не отстать безнадежно от развитых стран [56]. То есть необходимо совершить скачок, прорыв в научно-технологическом развитии отрасли и «перепрыгнуть» промежуточные технологические уклады. Реализация такого прорыва возможна лишь при наличии продуманной стратегии научно-технологического развития зерновой отрасли [187].

К основным направлениям долгосрочного научно-технологического развития отрасли можно отнести следующие:

- агротехнические (интенсивные севообороты, создание и использование высокопродуктивных сортов и гибридов сельхозкультур, совершенствование способов орошения, эффективное применение минеральных и органических удобрений);
- технологические (создание и внедрение новых высокопроизводительных машин и оборудования, внедрение инновационных технологий возделывания и уборки сельхозкультур);

– организационно-экономические (подготовка высококвалифицированных кадров для отрасли, организация труда и методы стимулирования, углубление специализации и концентрации отрасли).

Исходя из этого, можно сделать вывод, что научно-технологическое развитие зернового производства осуществляется в форме качественных изменений в технологическом базисе отрасли за счет укрепления и наиболее полного использования интеллектуального потенциала аграрной науки, создания и применения новейших достижений техники и технологий в целях обеспечения продовольственной безопасности России.

Основными элементами научно-технологического развития отрасли растениеводства являются: научно-техническое обеспечение; система обработки почвы; комплексная механизация и оптимизация производственных процессов; мелиорация и ирригация; селекция и семеноводство; система защиты растений; кадровое обеспечение; развитость инфраструктур; организация и управление структур [165, 226].

Академиком В.И. Кирюшиным предложена следующая классификация агротехнологий в растениеводстве, которая может выступать основой их исторического развития.

Таблица 2 – Классификация агротехнологий в растениеводстве

| Элементы технологий   | Агротехнологии          |                                |                            |                           |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|
|                       | Экстенсивные            | Нормальные                     | Интенсивные                | Высокие                   |
| Сорт                  | Толерантные             | Пластичные                     | Интенсивные                | С заданными параметрами   |
| Удобрения             | Нет                     | Поддерживающие                 | Программированные          | Точные                    |
| Обработка почвы       | Система вспашки         | Почвозащитная, комбинированная | Минимизированная           | Оптимизированная          |
| Техника               | 1-2-го поколения        | 3-го поколения                 | 4-го поколения             | Прецизионная              |
| Землеоценочная основа | Почвенные карты 1:25000 | Почвенные карты 1:10000        | Почвенно-ландшафтные карты | Геоинформационные системы |

В настоящее время в России преимущественно используют нормальные агротехнологии. Некоторые хозяйства перешли к интенсивным технологиям. Интенсивные технологии позволяют программировать урожайность

сельхозкультур и качество зерна. Они сберегают энергоресурсы и снижают деградацию почвы посредством минимальной и нулевой ее обработки.

Высокие технологии являются стратегическим будущим зерновой отрасли. Основные условия высоких агротехнологий – это:

- 1) высококачественные сорта и семена, учитывающие природно-климатические условия территории;
- 2) система почвообработки и посева;
- 3) система внесения удобрений и защиты растений.

В основе высоких технологий находятся биологизация и экологизация земледелия, что требует постепенного отказа от минеральных удобрений и гербицидов. Высокие агротехнологии вместе с геоинформационными системами и прецизионной сельскохозяйственной техникой образуют технологию точного земледелия [87].

Научно-технический прогресс в зерновом производстве обуславливается постоянно изменяющимися технологиями возделывания культур, которые в свою очередь требуют адаптации к ним используемой техники и перехода к новым системам машин. Сельскохозяйственная техника, по сравнению с другими отраслями промышленности, подвержена влиянию большего числа факторов, главными из которых являются природно-климатические условия и взаимодействие с живыми организмами. Переход к передовым технологиям растениеводства позволяет не только повысить производительность труда, но и в корне изменить представление о взаимосвязи техники с человеком и культурными растениями [165, 248].

Таким образом, научно-технологическое развитие – это важный фактор повышения эффективности зернового производства, который полностью реализует собственный потенциал только при комплексном использовании достижений науки и техники. Внедрение отдельных элементов производственного процесса приводят либо к тому, что себестоимость продукции начинает увеличиваться, либо крайне медленно снижаться. В результате зачастую делается

неправильный вывод о неэффективности внедрения достижений научно-технического прогресса в отрасль.

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.

Опыт развитых стран показывает значимость научно-технического прогресса в экономике как сельского хозяйства в целом, так и отдельных отраслей в частности. Повышение технологического уровня отраслей происходит при наличии определенной инновационной деятельности, активация которой необходимо определение наиболее приоритетных направлений развития этого процесса. На рис. 2 представлены основные направления научно-технологического развития зернового производства.

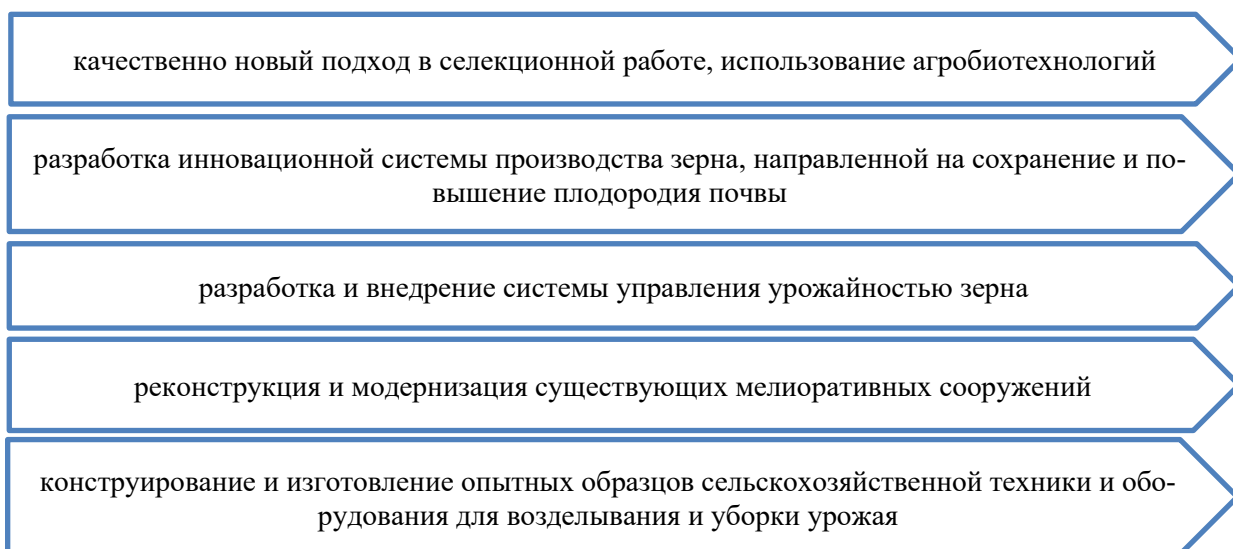


Рисунок 2 – Основные задачи научно-технологического развития зернового производства

Большинство инновационных технологий зернового производства связаны с внедрением высокопродуктивных сортов культур, разработкой системы земледелия и интенсивными технологиями производства, которые позволяют получать большой урожай зерна.

Научно-технологическое развитие во многом определяет состояние экономики всей отрасли в целом. Наука и технологии в зерновом производстве должны существовать в условиях органического развития с природой и производством. Это базис устойчивого развития отрасли.

Переход к новой технологической парадигме в производстве зерна должен основываться на принципиально новой модели экономического роста, научно-технической государственной политики, которая включает в себя взвешенный выбор приоритетных направлений научно-технологического развития, разработку долгосрочных прогнозов, упреждение и предотвращение возможных негативных последствий новой технологической революции и эффективную реализацию стратегических и прогнозных документов [167].

Дальнейшие исследования, связанные с экономическими и инновационными циклами в зерновой отрасли, основываются, в первую очередь, на поиске и использовании новых методов научного анализа и прогнозирования.

## **2. МЕТОДОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

### **2.1 Теоретические основы прогнозирования научно-технологического развития зернового производства**

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.

Теория прогнозирования – это составляющая экономической науки. В последние десятилетия изучение данной теории осуществляется посредством стратегического планирования на краткосрочный период, централизованного управления и регламентации хозяйственной деятельности. Результатом стало формирование системы научно-технологического прогнозирования, имеющей множество недостатков: несвязанность разрабатываемых прогнозов между собой и с реальными перспективами развития науки и технологий, низкая прогностическая ценность, игнорирование структурных сдвигов в экономике [141].

Если еще в XX в. прогнозирование представлялось специфическим видом научного анализа, используемого в области естественных явлений, то сейчас оно распространилось на совершенно разнообразные сферы, такие как политика, экономика, научно-технический прогресс, демография, социальные процессы и т.д. Произошло формирование нового научного направления – прогностики, объединяющее в себе философский, социологические, статистические, математические и собственные методы прогнозирования [196, 226].

Ежегодно в мире разрабатываются около 700 прогнозов научно-технологического развития, в т.ч. 33% в США, 19% – в Евросоюзе. В США прогнозирование – это важнейшая форма регулирования государственной

экономики. В разработке долгосрочных прогнозов развития зернового производства значительная роль принадлежит методологической обоснованности научных исследований [226].

Интерес к будущему обусловлен острой практической потребностью сегодняшнего дня. Необходимость предвидения вероятных сценариев развития в будущем никогда прежде не была столь насущной как сейчас. Это объясняется высокими темпами научно-технического прогресса и, соответственно, высокого уровня неопределенности, порожденного новыми технологиями. Особенно это касается зерновой отрасли. Прогнозирование позволяет предвидеть события в будущем и дает возможность заблаговременно подготовиться к ним, предусмотреть все положительные и отрицательные последствия, и что более важно, работать для реализации необходимого сценария будущего.

Предстоящие технологические сдвиги, отдаленные от нас на десятки лет, зарождаются уже сейчас. Решения, принимаемые сегодня, опираются на оценки развития явлений в будущем; в свою очередь они в большей или меньшей степени воздействуют на это будущее [158].

В современных рыночных условиях управлять процессом научно-технологического развития отрасли можно основываясь на результатах прогнозирования, позволяющего определить перспективные его направления. Прогнозирование НТР предполагает наиболее вероятностную оценку будущего состояния технологий зернового производства [226]. Как показывает практика, значимые события, определяющие важнейшие изменения будущих периодов, не могут быть обнаружены и всегда неожиданные. Поэтому долгосрочное прогнозирование призвано смоделировать и оценить последствия таких событий.

В экономической литературе существует множество трактовок понятий «прогнозирование» и «научно-техническое прогнозирование».

Четыркин Е.М. понимает под прогнозированием – научное (т.е. основанное на системе фактов и доказательств, установленных причинно-следственных связей) выявление вероятных путей и результатов предстоящего развития явлений и процессов, оценку показателей, характеризующих эти явления и

процессы для более или менее отдаленного будущего [185, 223]. Данное определение, по мнению автора, наиболее объективно отражает сущность прогнозирования.

Таким образом, прогнозирование является научной деятельностью, которая занимается определением и изучением возможных вариантов и траекторий будущего развития объекта прогнозирования. Основными принципами прогнозирования в экономике выступают системность, согласованность, вариантность, непрерывность, верифицируемость и эффективность.

Прогнозирование – это специфический вид научно-прикладного анализа. Отличиями от обыкновенного анализа является нацеленность на будущее и учет неопределенности, которая взаимосвязана с этим будущим [101]. Неопределенность возникает из-за отсутствия знаний о точных значениях тех или иных показателей, отражающих влияние различных факторов или условий, в которых происходит развитие прогнозируемого процесса.

Прогнозирование основывается на представлениях о будущем как некоторой содержательной реальности и предположения взаимосвязи между будущей ситуацией и настоящей. Т.е. прогнозирование помогает сконструировать картину будущего, и в большинстве случаев его цель – это идеальное представление будущей ситуации [102].

Прогнозирование и планирование тесно связаны между собой, но при этом существенно различаются. Основные отличия заключаются в следующем: план имеет нормативный характер, а прогноз – вероятностный; планирование направлено на принятие и реализацию управленческих решений, прогнозирование – на научное обоснование этих решений. При этом, план и прогноз дополняют друг друга [65, 143].

По характеру исследований прогнозирование можно сопоставить с ретроспективным анализом. Оба занимаются изучением тенденций и закономерностей развития явлений, выявляют причинно-следственные связи, а также механизм действия объекта исследования.

Как показывает практика, прогнозировать надо те процессы, управление и планирование развития которых или возможно в небольшом диапазоне, или вообще невозможно, что обусловлено недостатком знаний, инструментов либо требует учета влияния тех факторов, определить которые в полной мере не представляется возможным [78, 90]. К таким процессам и относится научно-технологическое развитие зернового производства.

Современное прогнозирование научно-технологического развития отраслей экономики представляет собой систематический анализ тенденций и периодически уточняемых оценок перспектив. Совместная работа прогнозистов и специалистов в соответствующих отраслях позволяет сформулировать наиболее вероятные альтернативы такого развития и обосновать выбор наиболее оптимальных его путей на основе познания объективных закономерностей и тенденций развития отрасли, производственных и общественных потребностей [143].

Системный характер является главной особенностью прогнозирования научно-технологического развития отрасли, так как учитывает постоянно изменяющиеся и природу инноваций, и потребности, мотивы и условия развития науки, техники и технологий. Его специфика объясняется своеобразными объектом, целями и методами прогнозирования.

Сложность прогнозирования научно-технологического развития обусловливается природой научно-технического прогресса, высокой степенью неопределенности в соотношения затрат и результата, глобальным характером научного развития.

В упрощенном варианте прогнозирование – это процесс разработки прогнозов. Прогноз – это система научно обоснованных представлений о возможных состояниях объекта в будущем, альтернативных путях и сроках его осуществления [242].

Ключевыми характеристиками прогноза являются:

- прогноз выступает следствием действительности как единого целого;

- наличие элемента случайности, как внутренней закономерности явлений, что обуславливает необходимость оценки степени вероятности наступления будущих событий;
- прогноз моделирует закономерности действительности;
- для разработки прогноза требуется проведение научных исследований количественного и качественного характера;
- прогноз – это ориентир для планирования, исследовательская основа для плана;
- имеет вероятностный и многовариантный характер;
- проверка точности прогноза осуществляется временем.

Согласно энциклопедии кибернетики, научно-технический прогноз выступает в форме вероятностной оценки возможных направлений и результатов развития науки и техники, а также необходимых для их достижения ресурсов и организационно-экономических мер. Помимо этого, в энциклопедии кибернетики выделяют три типа прогнозов научно-технологического развития: исследовательский, программный и организационный (рис. 3) [119].

Сложность в составлении исследовательского прогноза заключается в оценке значимости полученных направлений научно-технологического развития. Однако разработанный документ становится значимой частью концепции будущего науки и техники.

Программный прогноз представляет собой своеобразную дорожную карту, в которой определяются сроки и очередность достижения целей научно-технологического развития отрасли.

Организационный прогноз – это заключительный этап прогнозирования научно-технологического развития, который обобщает данные, полученные посредством составления исследовательского и программного прогнозов [119].

Все три типа прогнозов являются взаимодополняющими и в комплексе предоставляют ценную базу данных о возможных направлениях развития науки, техники и технологий.

Классификация прогнозов по масштабу выглядит следующим образом: макроэкономические, межотраслевые, отраслевые и региональные, социальные, прогнозы народнохозяйственного развития, ресурсные (природные, трудовые, материальные, финансовые), научно-технические и научно-технологические прогнозы.



Рисунок 3 – Классификация научно-технологических прогнозов

В научно-технологической прогностике выделяют три наиболее распространенных варианта горизонта прогнозирования (промежуток времени, на который разрабатывается прогноз) (табл. 3).

При горизонте прогнозирования в 15-20 лет прогноз строится исходя из четко сформированных в настоящее время тенденций и возможностей научно-

технического прогресса. Это позволяет приводить не только качественные характеристики прогнозируемого объекта, но и количественные.

Таблица 3 – Варианты горизонта прогнозирования [120]

| № п/п | Длительность | Особенности                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | 15-20 лет    | За этот период происходит удвоение численности выполненных НИОКР, количества техники и технологий, оканчивается срок действия патентов. Переход установленных наукой фактов, явлений и принципов из фундаментальной науки в прикладную. Появление нового поколения специалистов. |
| 2.    | 40-45 лет    | Удвоение количества принятых в современной науке концепций, теорий и методов. Полная смена поколения творцов научно-технического прогресса.                                                                                                                                      |
| 3.    | До 100 лет   | Имеют гипотетический характер.                                                                                                                                                                                                                                                   |

Разработка прогнозов на 40-45 лет может основываться лишь на существующих в настоящее время фундаментальных законах и принципах естествознания, и в нем будут преобладать качественные оценки.

При составлении прогнозов с горизонтом до 100 лет прогнозист может опираться только на собственное мировоззрение и творческую фантазию, а не на существующую систему естественнонаучных представлений, которая будет полностью обновлена и изменена за этот период. Количественная характеристика в таких прогнозах отсутствует, а границами для качественных оценок являются общие законы логики, мировоззрения и естествознания.

На практике существует значительное различие между требуемым горизонтом прогнозирования и достигнутым. Второй обычно в два и более раз меньше первого. Это говорит о несовершенстве методологии научно-технологического прогнозирования.

Основными характеристиками, определяющими качество разработанного прогноза, выступают точность, полнота и достоверность. Точность прогноза определяется интервалом прогнозируемых индикатором при фиксированном уровне достоверности и зависит от таких показателей как широта области исследования, компетентность прогнозиста, используемых моделей и т.д.

Полнота прогноза определяется наличием всех его элементов: тенденций, перспективных направлений, приоритетных технологий, дорожных карт.

Достоверность прогноза – это степень его возможной реализации при соблюдении заранее заданных условий.

Научно-технологическое развитие зернового производства является одним из основных факторов, необходимых для повышения его эффективности. В связи с этим повышается роль потребности в действенных методах научно-технологического прогнозирования, которые позволят определить направления и результаты научно-технологического развития отрасли и его влияние на социально-экономические процессы. К таким методам можно отнести форсайт.

Результаты прогнозирования научно-технологического развития отрасли необходимы для принятия обоснованных управленческих решений при формировании стратегии и тактики, которые определяют траекторию будущего экономического развития отрасли на долгосрочный период.

Зерновая отрасль – одна из основных отраслей АПК, от уровня развития которой зависит продовольственная безопасность страны. Поэтому крайне важно уметь прогнозировать направления и темпы развития науки и технологий, позволяющих увеличить объемы производства и качество зерновой продукции. Разработка прогноза научно-технологического развития отрасли предопределено высокой степенью неопределенности в результате увеличения скорости научно-технического прогресса и снижением эффективности использования традиционных моделей экономического роста [143].

Зерновое производство – это консервативная отрасль, которая не способна быстро перестроить структуру и технологию производства. В связи с этим долгосрочное прогнозирование научно-технологического развития отрасли является актуальным в настоящее время и обладает большим народно-хозяйственным значением [112].

Экономический рост зерновой отрасли тесно связан с развитием науки и технологий, который в большей степени определяют урожайность культур и

производительность труда в отрасли – ключевых показателей уровня производства. В связи с этим возникает потребность в определении перспектив отрасли в части выявления вероятных траекторий развития науки и технологий.

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.

Все вышеуказанное предопределяет необходимость совершенствования концептуальных основ прогнозирования научно-технологического развития для разработки качественных и объективных прогнозов, отвечающих современным вызовам в зерновом производстве (рис. 4).

К основным функциям прогнозирования научно-технологического развития можно отнести:

- анализ тенденций развития науки, техники и технологий;
- вероятностное, альтернативное предвидение будущего развития науки, техники и технологий с учетом сложившихся тенденций, вызовов и угроз отрасли;
- оценка возможностей и последствий управления прогнозируемыми процессами и тенденциями;
- обоснование перспективных направлений научно-технологического развития отрасли.

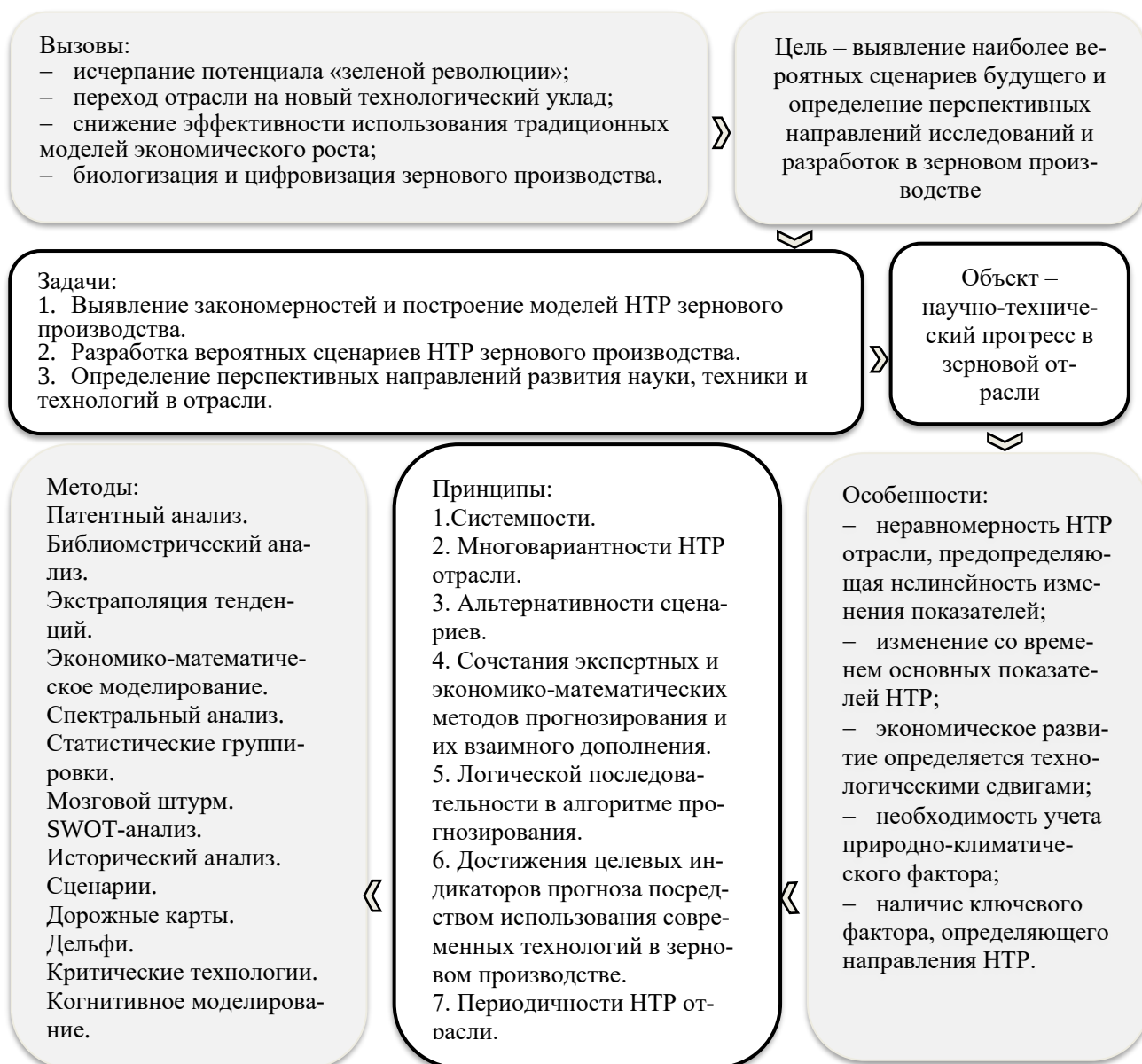


Рисунок 4 – Концептуальные основы прогнозирования научно-технологического развития зернового производства

Прогнозирование научно-технологического развития требует проведения организационной работы, создания методологических основ проведения прогнозных исследований, системы сбора информации, ее предварительной обработки, интеллектуальной системы прогностических расчетов.

Разработка прогноза научно-технологического развития зерновой отрасли предопределена наличием ряда вызов, таких как исчерпание потенциала «зеленой революции», переход отрасли на новый технологический уклад,

снижение эффективности использования традиционных моделей экономического роста, а также биологизация и цифровизация зернового производства.

Прогнозирование научно-технологического развития зернового производства необходимо для:

- создания общего видения будущего всех ключевых игроков (стейкхолдеров) отрасли и определения места, которое в этом будущем она хочет занимать в экономике страны;
- понимания и визуализации последствий решений, принимаемых сегодня, для научно-технологического развития зернового производства в долгосрочной перспективе.

Цель прогнозирования научно-технологического развития отрасли растениеводства заключается в определении наиболее вероятных направлений и темпов развития науки и технологий в их взаимосвязи с экономическим развитием отрасли в зерновом производстве.

В процессе прогнозирования научно-технологического развития отрасли растениеводства находят решение следующие задачи:

1. Выявление закономерностей и построение моделей научно-технологического развития зернового производства.
2. Разработка вероятных сценариев научно-технологического развития зернового производства.
3. Определение перспективных направлений развития науки, техники и технологий в отрасли [143, 185].

Следует отметить, что объектом прогнозирования в данном случае выступает научно-технический прогресс в отрасли, который и обуславливает особенности, принципы и методы прогнозирования. Объект научно-технологического прогнозирования представлен совокупностью относительно самостоятельных тенденций научно-технического и технологического развития, которые имеют некоторую устойчивость, достаточную для предположения об их существовании в будущем [64]. Один из основных принципов прогнозирования заключается в системности, т.е. требовании рассматривать объект как

систему, функционирование которой подчиняется общим закономерностям эволюции.

Научно-технологическое прогнозирование зернового должно осуществляться на основе следующих принципов:

1. Системности (использование методов системного анализа для выявления закономерностей внутри системы «научно-технический прогресс в зерновом производстве»).

2. Многовариантности научно-технологического развития отрасли. В прогнозном периоде не существует единственного варианта развития отрасли, так как на него оказывает влияние множество факторов.

3. Альтернативности сценариев, предполагающей наличие множества взаимоисключающих сценариев научно-технологического развития отрасли.

4. Сочетания экспертных и экономико-математических методов прогнозирования и их взаимного дополнения.

5. Логической последовательности в алгоритме прогнозирования.

6. Достижения целевых индикаторов прогноза посредством использования современных технологий в зерновом производстве.

7. Периодичности научно-технологического развития отрасли.

Реализация принципов позволяет обеспечить практическую направленность прогноза, его объективность и корректность, достоверность при качественных изменениях внешних условий и смене технологических укладов.

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 [143].

## **2.2 Методологические подходы к разработке прогнозов научно-технологического развития зернового производства**

Прогнозирование – это неотъемлемая часть процесса управления любой социально-экономической системой, где используются методы и модели разнообразных дисциплин: теория вероятностей, математическая статистика, эконометрический анализ и т.д. Способность грамотно определить наиболее оптимальный методологический набор для построения прогноза и его верификации является ключевым фактором эффективности принимаемых решений. Результативность прогнозов во многом зависит от используемых методов и форм организации прогноза.

Согласно Четыркину Е.М., методы социально-экономического прогнозирования – это совокупность приемов мышления, с помощью которых, на основе ретроспективного анализа и проводимых измерений изучаемого явления или процесса, появляется возможность вынесения суждений с определенной степенью достоверности о его будущем развитии [111].

Методы прогнозирования представляют собой способы исследования объекта прогнозирования, необходимые для разработки прогноза. Совокупность специальных правил, приемов и методов формируют методику прогнозирования [242].

Методологическая основа прогнозирования научно-технологического развития зернового производства – это теория развития научно-технического прогресса в отрасли, раскрывающая сущность закономерностей, содержание основных причинно-следственных связей рассматриваемого процесса.

Методы прогнозирования направлены на определение степени влияния отдельных закономерностей и причин научно-технического прогресса, представление его в виде динамической системы реальных явлений, факторов и воспроизведение с определенной степенью вероятности поведения данной системы в будущем [111].

Требования к методологии научно-технического и технологического прогнозирования довольно общие для научной прогностики. Они определяют правила построения конкретных методов прогнозирования. Методология представляет собой совокупность методов и моделей исследования с целью оценки и преобразования действительности. Методология научного предвидения или прогнозирования – это совокупность методов и моделей, объединяемых определенной последовательностью, и применяемых в процессе прогнозирования. Прогнозирование посредством только математических методов ограничено и необходимо привлечение других методов, определяющих качественные направления развития отрасли [105]. Основой прогнозирования научно-технологического развития являются методы форсайта, комплексное использование которых обеспечивает достоверность и объективность прогноза. Форсайт представляет собой целую группу методов долгосрочного прогнозирования научно-технологического и социального развития. Форсайт выступает важнейшей методологией в научно-технологическом развитии отраслей экономики, необходимой для определения стратегических направлений исследований и новых перспективных технологий [143].

Прогнозирование является сложным и многоступенчатым процессом на протяжении которого используются совершенно разные методы. В современной практике прогнозирования используются более 150 различных методов. Такое количество обусловлено, во-первых, специфическими особенностями объектов прогнозирования и разнообразными целями, а во-вторых – принципиальным различием в подходах решения задач. Например, в основе одних подходов находится предположение о сохранении в будущем существующих пропорций и тенденций научно-технологического развития. В данном случае

исходной информацией являются временные ряды динамики изменения каких-либо показателей, а прогноз строится посредством метода экстраполяции. В рамках других подходов учитываются мнения экспертного сообщества. Такие методы носят название – метод экспертных оценок. Прогноз строится исходя из мнений специалистов в сфере науки, техники и технологий. Еще один, наиболее распространенный метод прогнозирования – это моделирование. Он интегрирует в себе два предыдущих подхода: на основе тенденций развития какого-либо объекта в прошлом, с помощью экспертного мнения о вероятных направлениях его развития в будущем, строится модель будущего функционирования объекта. Полученная модель является очень сложной и логически связанной структурой, посредством которой можно предсказать состояние исследуемого объекта в будущем. Это три основных подхода к прогнозированию научно-технологического развития зерновой отрасли. Каждый из них обладает преимуществами, слабыми сторонами и недостатками, однако в комплексе они образуют эффективный и мощный инструмент для формирования образа будущего состояния отраслей экономики.

В основном все методы прогнозирования подразделяются на две большие группы: эвристические и математические. Первая группа методов основывается на явлениях и процессах, которые не поддаются формализации. Математические методы прогнозирования связаны с подбором и обоснованием математической модели исследуемого процесса [106].

Процесс обоснования и доказательства характеристик будущего развития объединяет в себе разнообразные подходы, и не только математические. Методология прогноза зависит от его цели, горизонта прогнозирования, конкретных особенностей изучаемого процесса, имеющейся информации и т.д.

В современном прогнозировании научно-технологического развития все вышеперечисленные подходы объединены в методологию форсайта. Выделяют количественные, качественные и смешанные методы проведения форсайт-исследований.

Исходя из традиционного алгоритма прогнозирования научно-технологического развития, автором предложена следующая группировка методов прогнозирования научно-технологического развития зернового производства (рис. 5):

1) методы определения технологических трендов (библиометрический и патентный анализ, SWOT, сканирование горизонтов, исторический анализ и анализ ключевых слов и кластеризация и т.д.);

2) методы определения приоритетных направлений исследований и разработок (мозговой штурм, критические технологии, панели экспертов, Дельфи, бенчмаркинг, трендлеттеры и т.д.);

3) методы визуализации вероятных траекторий научно-технологического развития (написание сценариев, кросс-факторный анализ, моделирование, экстраполяция, индикаторы, дорожные карты и т.д.).

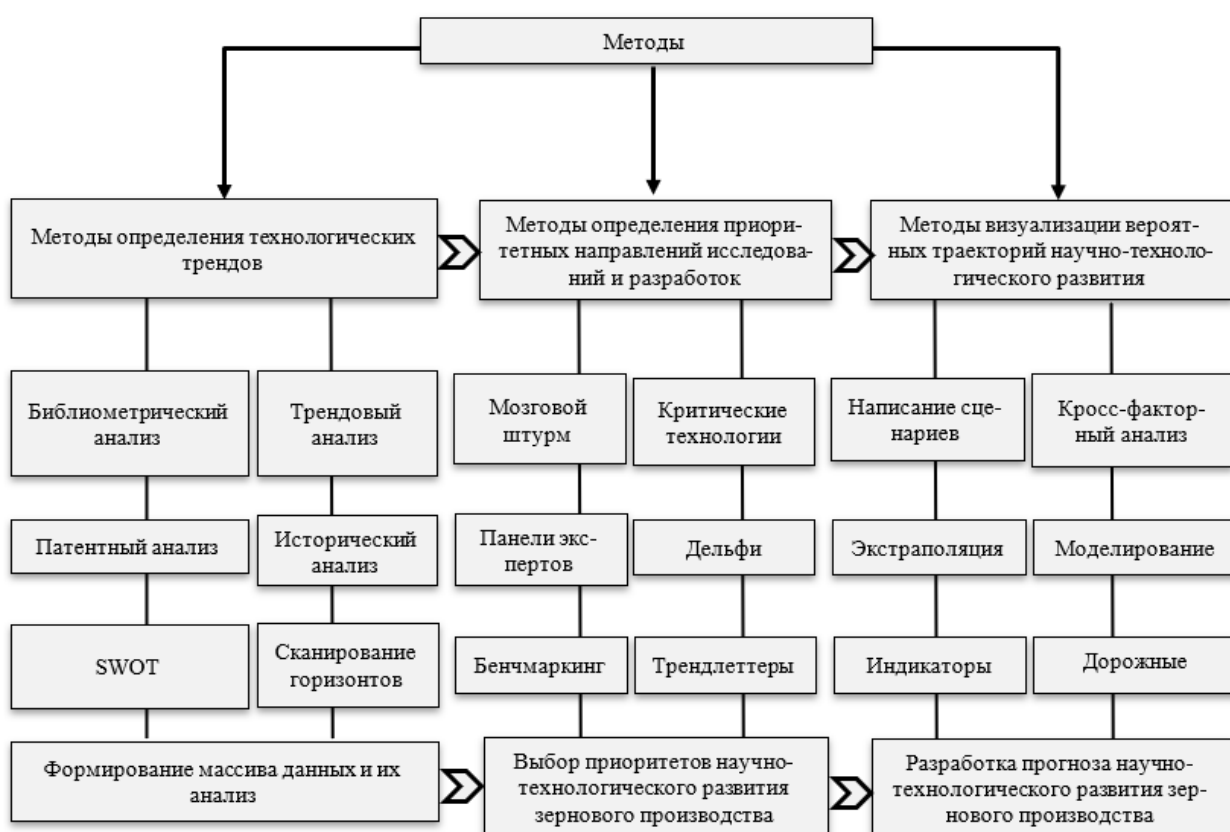


Рисунок 5 – Группировка методов прогнозирования научно-технологического развития отрасли растениеводства

На рисунке представлены далеко не все использующиеся на практике методы форсайта – только наиболее распространенные. Многочисленность методов обуславливает необходимость поиска оптимального набора методов, который будет всесторонне и полно отражать ситуацию в исследуемой отрасли.

Рассмотрим наиболее часто используемые методы прогнозирования.

Метод экспертных оценок заключается в анализе результатов анкетирования или устного опроса группы экспертов. Данный подход использует интеллектуальный потенциал, интуицию и профессиональный опыт эксперта. Экспертные оценки могут быть индивидуальными или коллективными. Индивидуальные экспертные оценки преимущественно основываются на опросах в форме интервью, когда прогнозист осуществляет беседу с экспертом по схеме «вопрос-ответ». Недостатком данного метода является небольшое психологическое давление на эксперта. В состав методов коллективной экспертной оценки входят такие инструменты как «круглый стол», «мозговой штурм», «Дельфи», проведение экспертных панелей. Все они основываются на определении степени согласованности экспертных мнений по перспективным направлениям развития объекта прогнозирования. Метод Дельфи является наиболее распространенным среди методов коллективных экспертных оценок и самым эффективным. На первоначальном этапе проводится индивидуальный опрос экспертов с помощью анкетирования. Далее осуществляется статистическая оценка полученных результатов и формирование коллективного мнения группы экспертов. Обработанные данные подвергаются корректировке теми же экспертами. Такая процедура может производиться несколько раз до получения согласованного суждения относительно перспектив развития объекта прогнозирования.

Метод написания сценариев основывается на выявлении логического развития процесса во времени при разнообразных сценарных условиях. Последовательность событий устанавливается переходом от настоящей ситуации к будущему состоянию объекта. Сценарий обладает многовариантным

характером и на практике обычно выделяют оптимистический, пессимистические и базовый (наиболее вероятный при сложившихся условиях).

Среди математических моделей прогнозирования наиболее распространенными являются:

1) метод экстраполяции тренда, который базируется на выявлении взаимосвязи между прошлым, настоящим и будущим. Тренд – это длительная тенденция развития достаточно устойчивой социально-экономической системы. Эволюция этой системы представлена в виде временных рядов. Экстраполяция тренда объясняется тем, что несмотря на внедрение инноваций, повышение эффективности сельскохозяйственного производства происходит медленно. Научно-технический прогресс в отрасли происходит в результате постепенных эволюционных преобразований;

2) метод подбора функций, заключающийся в выборе наиболее оптимальной функции, которая описывает эмпирический ряд. Использование данного метода требует наличия следующих условий:

- временной ряд обладает основной тенденцией или трендом;
- условия развития объекта в прошлом не изменяются в будущем.

В основном в экономическом прогнозировании используют полиномиальные, экспоненциальные и S-образные кривые роста. Развитие технологий обычно описывается логистической S-образной кривой;

3) метод наименьших квадратов, который заключается в поиске такой функции, которая дает наилучшее приближение прогнозных значений к фактическим;

4) метод эконометрического моделирования, базирующийся на составлении уравнений регрессии: одно- или многофакторных. Для этого определяются факторы и результирующий признак. Эконометрические модели используют для экстраполяции сложившихся тенденций. Главным недостатком этих моделей является невозможность определения точек бифуркаций и изменений внутри тенденций. Прогнозирование научно-технологического развития на

основе регрессионных моделей возможно лишь при наличии близких к идеальным условиям [105].

Также необходимо более подробно остановиться на методе прогнозирования, основанном на S-образных кривых роста. Это более точный метод, так как в его основе находится предположение о сходстве между характером развития живых организмов и развитием функциональных характеристик техники и технологий. Согласно ему, такое развитие не может происходить безгранично, что обусловлено наличием предела для технической системы. Поэтому, при прогнозировании будущего развития техники и технологий необходимо установление этого предела и определение темпа приближения к нему [187]. Наиболее часто используемые в технологическом прогнозировании кривые роста – это кривая Перла и кривая Гомперца. От прогнозиста требуется определить параметры кривых на основе имеющихся данных и продлить ее в будущее для построения прогноза. Преимущество использования S-образных кривых роста перед, например, методом Дельфи, заключается их большей объективности.

Математические модели прогнозирования научно-технологического развития должны включать в себя как эндогенные, так и экзогенные факторы. Необходимо определение их совокупности и выявление взаимосвязи между ними. Тогда модель сможет предсказать ход научно-технологического развития до необходимого периода времени. Однако, создать модель, которая бы полным образом смогла это сделать, вероятно, невозможно. Технология – это не закрытая или автономная система – она подвержена влиянию разнообразных внешних факторов. Их включение в модель привело бы к тому, что влияние технологических факторов значительно бы снизилось. Сложность создания такой модели является одной из наиболее значимых проблем современного прогнозирования [105].

В разных странах используются различные методы форсайта: в Северной Америке – экспертные панели, технологические дорожные карты и группы по разработки будущего; в Азии – SWOT-анализ, опросы, сценарии; в

Европе – обзор литературы, экспертные панели и сценарии; в Латинской Америке – обзор литературы и экспертные панели; в Африке – анализ мегатрендов и сценарии.

В России наиболее часто используются следующие методы: углубленные интервью, экспертные панели, библиометрический анализ, обзор литературы, SWOT-анализ, мозговые штурмы, сценарный подход, экстраполяция данных, Дельфи и технологические дорожные карты.

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. 6).

Согласно данному алгоритму, на первом этапе необходимо посредством анализа 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 [143].

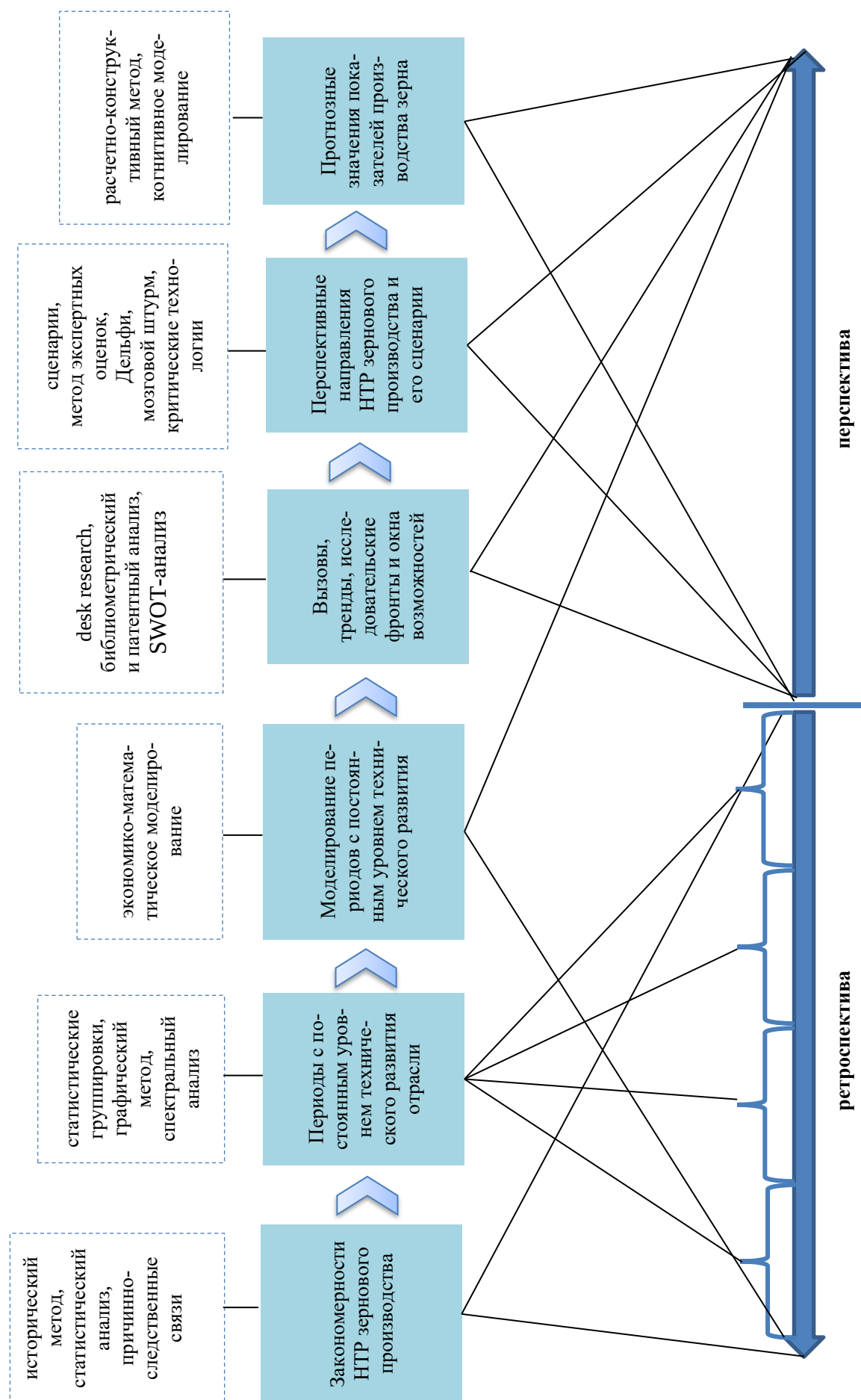


Рисунок 6 – Алгоритм прогнозирования научно-технологического развития зерновой отрасли

С помощью методов критических технологий, Дельфи, мозгового штурма определяются перспективные виды техники и технологии для будущих периодов с постоянным уровнем технического развития [143].

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.

Далее следует более подробно рассмотреть процесс выявления перспективных направлений научно-технологического развития отрасли растениеводства, который осуществляется на основе инструментов форсайта. На первом этапе происходит определение релевантных глобальных и национальных вызовов, трендов и «окон возможностей». Глобальные тенденции в АПК порождают серьезные вызовы для развития отрасли растениеводства, включая семеноводство и органическое земледелие. Важнейшей задачей является выявление глобальных и национальных вызовов: экономических, социальных, экологических и технологических [143].

Методология проведения мониторинга трендов («сканирование горизонтов») включает в себя этапы проведения (рис. 7) и методы мониторинга.

Методы мониторинга классифицируются на:

- качественные – обзор литературы, экспертные процедуры (интервью/опросы/семинары), разработка сценариев - построение дорожных карт, опросы населения и т.д.;
- количественные – библиометрический анализ, глубинный анализ текста, кластеризация, сетевой анализ;
- вспомогательные методы – тренд-анализ, метод главных компонент, онтологическое моделирование и т.д.

Технологический тренд – направление (вектор) технологических изменений, в рамках которого в последние 5 лет активно ведутся исследования и разработки, что подтверждается ростом показателей публикационной и/или

патентной активности, и, как ожидается, в перспективе 5-10 лет этот рост будет продолжаться. При успешном развитии тренда его реализация приведет к значимым социальным и/или экономическим эффектам [143]. Методология мониторинга технологических трендов состоит из методов выявления зарождающихся технологий, исследовательских фронтов, потенциальных областей исследования и т.д.



Рисунок 7 – Этапы проведения мониторинга трендов

Определение технологических трендов преимущественно осуществляется с помощью библиометрического и патентного анализа. При определении трендов необходимо обращать внимание на следующие результаты проведенного анализа:

- всплеск количества цитирований в необходимой отрасли за определенный период времени;

- резкое увеличение использования ключевых слов;
- рост патентной активности и ее концентрация на необходимой области знаний.

Выявление технологических трендов осуществляется в 3 этапа (рис. 8).

На первом подготовительном этапе происходит постановка задачи, которая включает в себя определение цели исследования, предметной области и методологии, и сбор необходимых данных. В качестве источников данных используются научные статьи, патенты, медиа-ресурсы, форсайт-проекты, материалы конференций, диссертации, презентации и т.д. Второй – практический этап, включает в себя обработку данных с помощью выбора единицы анализа и необходимых методов. С помощью метода «сканирование горизонтов» происходит изучение российских и зарубежных публикаций и патентов за последние 5-10 лет. В результате прогнозист определяет исследовательские фронты, которые понимаются как группы высокоцитируемых статей, объединенных в кластер на основании того, что эти тексты совместно цитируются другими статьями в определенный период времени [243]. Анализ цитирований документов (публикаций, патентов и т.п.) дает возможность выявления зарождающихся исследовательских фронтов. На практическом этапе мониторинга технологических трендов осуществляется формирование ключевых слов поискового образа для технологического направления, их анализ и кластеризация, и выделение смежных для рассматриваемого направления технологий. И наконец, на третьем аналитическом этапе происходит формирование предварительного перечня трендов, их валидация и интерпретация, а также классификация на виды: рыночные или технологические и более подробное разделение на экономические, социальные, технологические, ценностные и экологические.

Анализ глобальных трендов и вызовов направлено на выявление драйверов и тенденций развития науки и технологий в исследуемой отрасли. Глобальные тренды формируют вызовы для стран, затрагивающие все сферы жизни: экономическую, технологическую, экологическую, социальную. Соответственно выделяются барьеры для научно-технологического развития отрасли

растениеводства России. Глобальные тренды, вызовы и угрозы открывают «окна возможностей» для страны или региона.

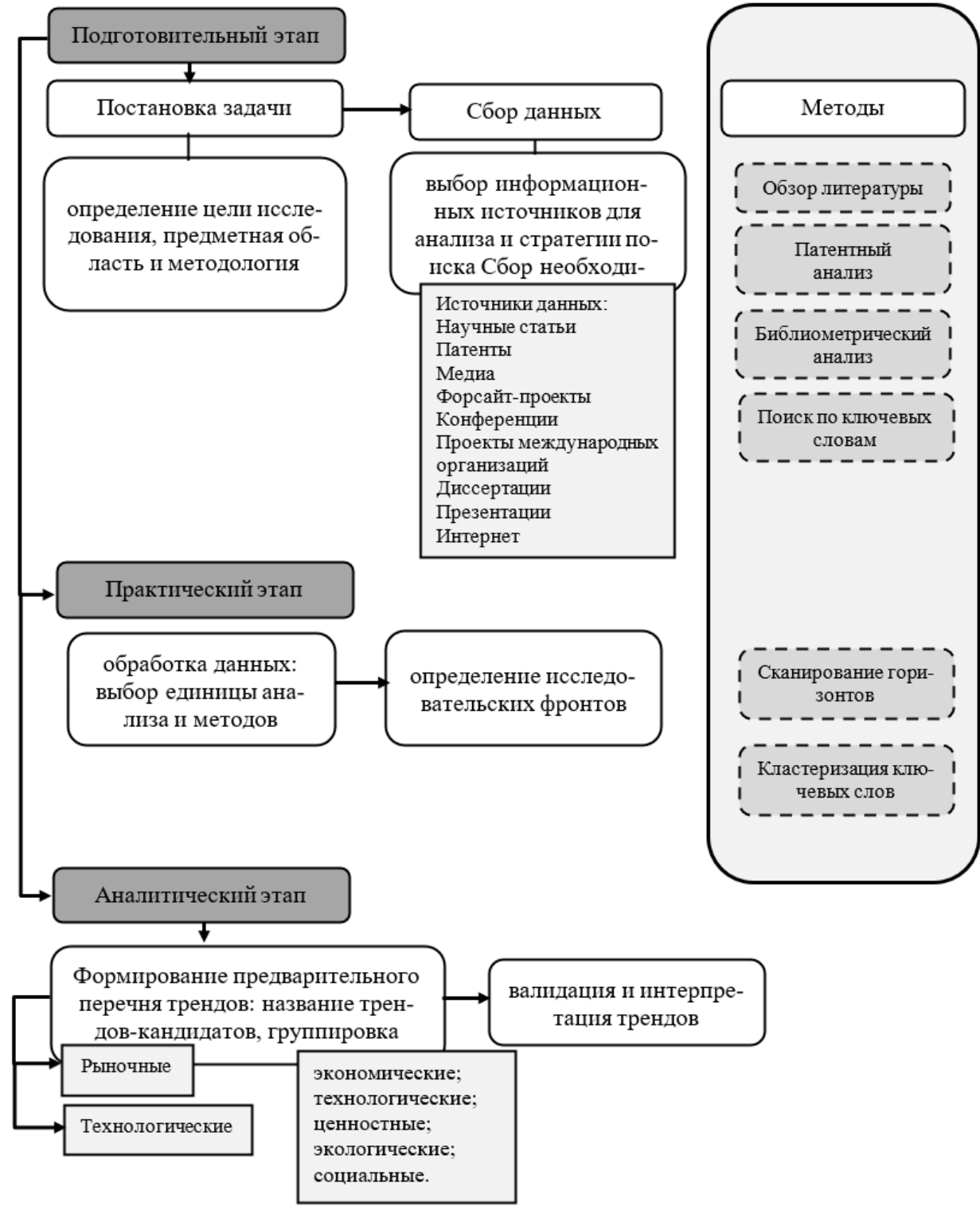


Рисунок 8 – Методика мониторинга технологических трендов в отрасли растениеводства

Источники данных для «сканирования горизонтов» представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Источники данных для «сканирования горизонтов»

| № п/п | Источники                         | Области обработки данных                                                | Методы                   |
|-------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1.    | Научные статьи                    | Заголовок, аннотация, ключевые слова, полный текст                      | Библиометрический анализ |
| 2.    | Патенты                           | Заголовок, аннотация, ключевые слова, формула изобретения, полный текст | Патентный анализ         |
| 3.    | Медиа                             | Заголовок, аннотация, полный текст                                      | Библиометрический анализ |
| 4.    | Форсайт-проекты                   | Заголовок, аннотация, полный текст                                      | Поиск по ключевым словам |
| 5.    | Конференции                       | Заголовок, аннотация, полный текст                                      | Тематический поиск       |
| 6.    | Проекты международных организаций | Заголовок, аннотация, полный текст                                      | Тематический поиск       |
| 7.    | Диссертации                       | Заголовок, аннотация, ключевые слова, полный текст                      | Библиометрический анализ |
| 8.    | Презентации                       | Заголовок, полный текст                                                 | Поиск по ключевым словам |
| 9.    | Интернет                          | Полный текст                                                            | Веб-сканирование         |

Вызовы являются существенными рисками для общества и экономики, но и вместе с этим являются важным фактором возникновения новых возможностей и перспектив научно-технологического развития отрасли. Наука и технологии выступают ответом на эти вызовы, обеспечивая не только устойчивое развития сельского хозяйства, но и объективно оценивая риски и возможные опасности для отрасли.

Особенности формирования государственной политики в области научно-технологического развития зернового производства с учетом вызовов обуславливают новую роль науки и технологий в обеспечении возможности прогнозировать будущие изменения, выявлять тенденции внутри отрасли, своевременно определять новые вызовы и эффективно искать ответ на них [129]. Технологии, продукты и услуги – это своевременная реакция отрасли на вызовы, которая не только отвечает интересам участников сельскохозяйственного производства,

приводит к существенному повышению уровня и качества жизни населения, но и востребована на мировых рынках.

Таким образом, на основе полученной информации о глобальных трендах, вызовах и угрозах зерновой отрасли появляется возможность определения критических (приоритетных) технологий. Согласно Стратегии научно-технологического развития РФ, критические технологии – это комплекс межатраслевых (междисциплинарных) технологических решений, которые создают предпосылки для дальнейшего развития различных тематических технологических направлений, имеют широкий потенциальный круг конкурентоспособных инновационных приложений в отрасли растениеводства и вносят в совокупности наибольший вклад в реализацию приоритетных направлений развития науки, технологий и техники [129, 132]. Особенность критических технологий в зерновом производстве заключается не только в достижении максимального экономического эффекта, но и в сохранении биоразнообразия, экологии и т.д. [143]

Далее с использованием информации о критических технологиях, проводится ревизия текущих и определяются перспективные рынки продуктов и технологий в отрасли.

На следующем этапе выявляются приоритетные области исследований и разработок (ИиР) (в т.ч. на базе результатов национального долгосрочного прогноза) и возможных российских и международных партнеров. «Приоритетное направление развития науки, технологий и техники – это тематическое направление научно-технологического развития межатраслевого (междисциплинарного) значения, способное внести наибольший вклад в обеспечение безопасности страны за счет развития технологической базы экономики и наукоемких производств» [129].

Приоритеты могут отбираться на различных уровнях (рис. 9). При выборе приоритетов должны быть проанализированы ключевые документы в области стратегического планирования, в том числе перспективного развития АПК, в частности отрасли растениеводства, а также Программа фундаментальных научных исследований РАН. Области исследований и разработок должны быть

взаимосвязаны с критическими технологиями и обуславливаются трендами и вызовами.

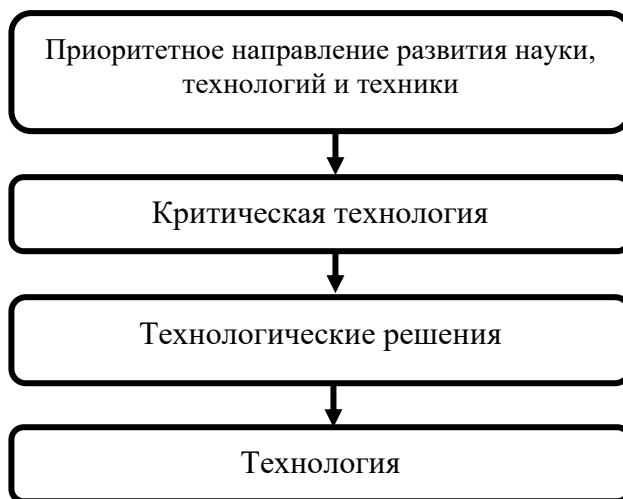


Рисунок 9 – Этапы выбора приоритетов научно-технологического развития

Принципы отбора приоритетов должны отвечать целям и задачам проекта:

- ориентация на решение важнейших социально-экономических задач;
- горизонт – 10-15 лет;
- реализация конкурентных преимуществ (территория страны, имеющиеся запасы ресурсов и др.);
- концентрация на трех критериях при отборе приоритетных направлений и критических технологий: вклад в экономический рост (в том числе импортозамещение продукции массового спроса), решение социальных проблем и обеспечение технологической безопасности;
- оценка реализуемости (наличие ресурсов (финансы, кадровый потенциал, материально-техническая база, научно-технические заделы и др.));
- привязка к инструментам научно-технической и инновационной политики.

К отбору приоритетов должны привлекаться все ключевые стейкхолдеры (НИИ, вузы, технологические платформы, отраслевые организации, предприятия и фирмы, органы исполнительной власти и др.).

Определение приоритетных направлений развития науки, техники и технологий дает возможность получить результаты и сформировать компетенции,

необходимые для перехода к реализации новых приоритетов научно-технологического развития, отвечающих на вызовы в отрасли [158]. Приоритеты НТР зерновой отрасли на ближайшие 10-15 лет – это направления, приводящие к получению научных и научно-технических результатов и созданию технологий, которые станут базисом для инновационного и устойчивого развития отрасли.

Таким образом, процесс прогнозирования перспективных направлений научно-технологического развития можно представить в виде следующей схемы (рис. 10).

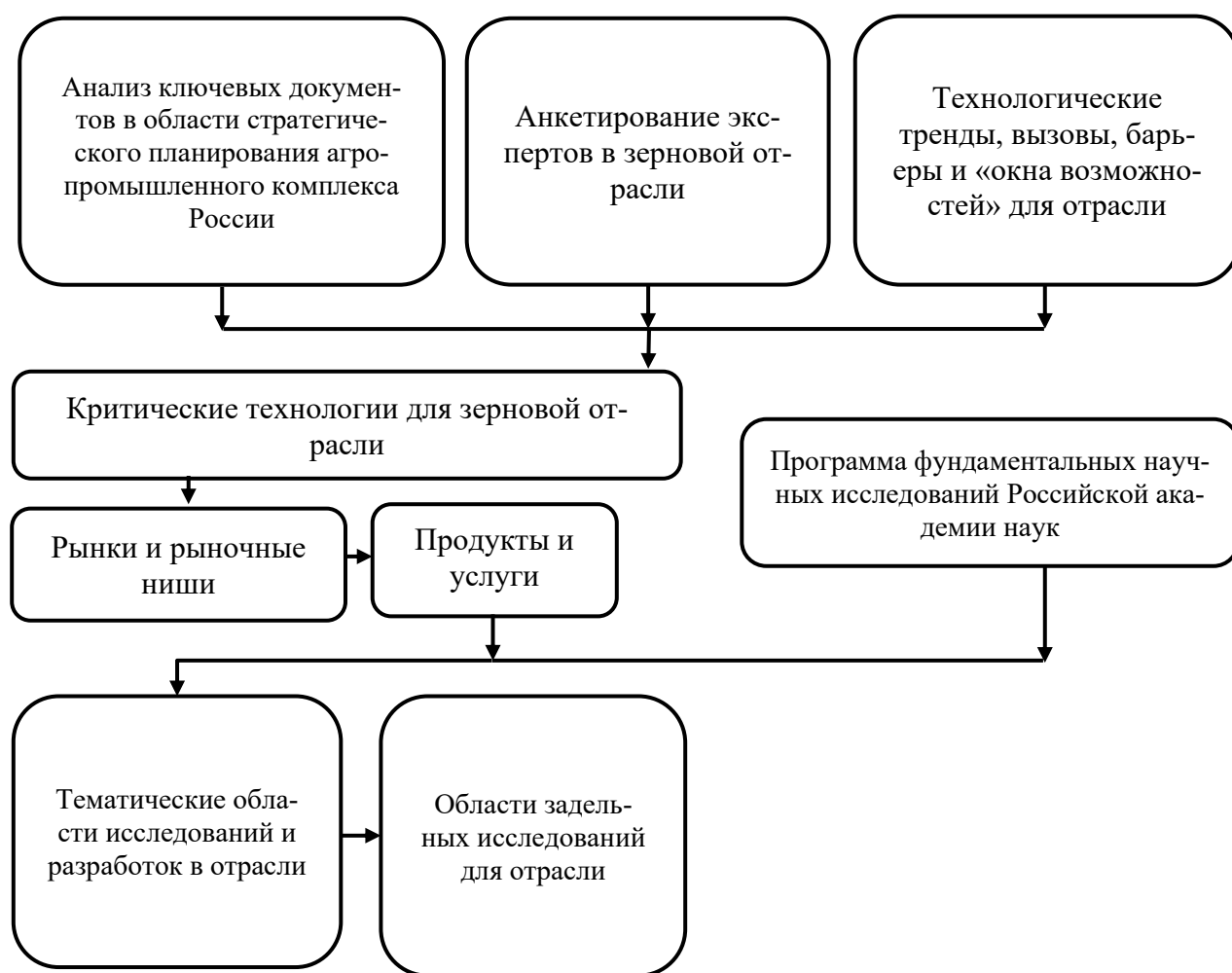


Рисунок 10 – Методика определения перспективных направлений научно-технологического развития зерновой отрасли

Таким образом, прогнозирование научно-технологического развития зернового производства необходимо для формирования системы стратегического планирования в отрасли, направленной на повышение технологической

безопасности АПК и импортозамещение средств производства и конечной продукции. Совокупность приемов и способов прогнозирования, используемые с учетом особенностей отрасли, представляет собой методологию прогнозирования, основу которой представляет научно-технологический форсайт.

Разработка прогноза научно-технологического развития зернового производства осуществляется посредством поэтапного использования методов форсайта: библиометрического и патентного анализа для определения глобальных трендов и исследовательских фронтов в отрасли, SWOT в целях выявления угроз и «окон возможностей», критические технологии для выбора приоритетов научно-технологического развития, создание сценариев и т.д. [143]

### **2.3 Методика сценарного прогнозирования на основе когнитивного моделирования 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 [148]. Нелинейность развития современной экономики, в т.ч. и отрасли растениеводства и научно-технического прогресса приводит к тому, что при прогнозировании посредством метода экстраполяции и построения аналитических моделей взаимосвязи факторов и результатов производства появляются погрешности. В таком случае необходимо использовать новые методы, которые способны работать и с качественной информацией, например, когнитивное моделирование.

Кризисное состояние сельского хозяйства, начиная с 90-х годов XX в., отсутствие устойчивых тенденций, нелинейность научно-технического прогресса, являются причинами нежелательного использования экстраполяции при прогнозировании развития отрасли, в частности ее научно-технологического развития. Достигнутый уровень не является надежной базой для прогнозирования. Ускорение научно-технического прогресса является глобальным вызовом не только

для зернового производства, но и для сельского хозяйства в целом. Управленческие решения по выбору направлений стратегического развития отрасли характеризуются высокой степенью неопределенности и необходимостью учета влияния значительного количества факторов риска, различных по своему происхождению, силе влияния и продолжительности.

Исследование и прогнозирование такой системы, как научно-технический прогресс в зерновом производстве, является весьма затруднительным с помощью только аналитических моделей, которые описывают зависимости между входными и выходными параметрами. В данном случае дополнительно необходимы модели, основанные на качественной информации, получаемой от экспертов.

Неопределенность в будущем и зависимость научно-технологического развития отрасли от множества факторов, порой труднопредсказуемых (природно-климатические, например), обуславливает необходимость разработки нескольких альтернативных сценариев развития отрасли [148].

Уровень неопределенности в прогнозировании научно-технологического развития отрасли растениеводства снижается за счет построения возможных сценариев. Посредством сценарного прогнозирования появляется возможность создать общее видение будущего всех ключевых игроков отрасли и определения места, которое в этом будущем она хочет занимать, понять и визуализировать последствия решений, принимаемых сегодня, для научно-технологического развития зернового производства и всевозможные его варианты [143].

Процессом научно-технологического развития зерновой отрасли в определенной степени можно управлять посредством воздействия на факторы, которые формируют направления и интенсивность развития отрасли. Ограниченность необходимых ресурсов делает направления научно-технологического развития отрасли альтернативными и обуславливает несколько возможных сценариев. Комбинации различных факторов производства определяют набор сценарных условий для каждого из сценариев [195].

Производство зерновой продукции зависит от множества факторов, часть из которых невозможно предугадать. Поэтому понять возможную траекторию научно-технологического развития отрасли, ввиду высокой степени неопределенности в количестве, структуре и качестве производства продукции невозможно. Ответ на эти вопросы можно получить посредством сценарного прогнозирования.

Разработка сценариев широко применяется для снижения неопределенности при принятии решений в условиях быстро изменяющихся условий в отрасли. Данный метод позволяет оценить наиболее вероятные траектории развития отрасли в зависимости от проводимой научно-технологической политики по формированию и использованию ресурсного потенциала [180].

Метод сценарного прогнозирования, адаптированный к зерновой отрасли, дает ответ на такие вопросы как определение наиболее вероятных траекторий развития отрасли, выявление последствий регулятивного воздействия государства, а также решает проблему снижения определенности при принятии решений в быстро меняющихся условиях [117].

В результате сценарного прогнозирования появляется возможность выявления приоритетных направлений научно-технологического развития зернового подкомплекса, «сквозных» технологий (ключевые научно-технические направления, которые оказывают наиболее существенное влияние на развитие новых рынков, новых рынков средств производства и конечной продукции и т.д.) [180].

Сценарное прогнозирование научно-технологического развития является одним из основных способов определения наиболее вероятных вариантов развития будущего состояния экономических систем в зависимости от применяемых технологий. Для сельского хозяйства в целом, и зерновой отрасли в частности, метод сценарного прогнозирования обладает рядом специфических особенностей, связанных с тем, что результаты производства здесь тесно взаимосвязаны с живыми организмами и почвой. Исходя из этого, предполагается следующее: процесс построения сценариев научно-технологического развития зернового производства должен базироваться на трех основных факторах: труд, капитал,

земля. Так как целью каждого из сценариев должно стать определение прогнозируемого уровня валового сбора зерна в зависимости от применяемых технологий, то его зависимость от факторов производства мы будем рассматривать в виде производственных функций [180].

Сценарное прогнозирование научно-технологического развития зерновой отрасли представляет собой процесс определения альтернативных траекторий изменения основных факторов производства (труд (L), капитал (K) и земля (S)) в условиях неопределенности в отрасли, зависящих от осуществляемой государством научно-технологической политики, и количественную оценку ее последствий.

Данное предположение обуславливается тем, что именно динамика уровня имеющихся факторов производства определяет технологии, которые станут наиболее востребованными в средне- и долгосрочной перспективе [155].

Рассмотрим несколько вариантов изменения уровня факторов производства и соответствующие направления научно-технологического развития зернового производства:

- снижение численности трудовых ресурсов в отрасли ведет к внедрению в производство роботизированных и автоматизированных технологий;
- увеличение площади сельхозугодий с одновременным уменьшением численности трудовых ресурсов приводит к применению технологий точного земледелия, которые позволяют отслеживать рост растений на участках большой площади без использования человеческих ресурсов;
- увеличение площади сельскохозяйственных угодий может стать стимулом к развитию технологий биологической мелиорации, которые позволят повысить плодородие почв, на время выведя их из сельскохозяйственного оборота [180].

Проблемы стратегического управления научно-технологическим развитием зернового производства, для которых традиционные методы исследования являются малоэффективными, 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 [148].

Методология когнитивного моделирования предложена американским исследователем Р. Аксельродом. Она основана на моделировании субъективных представлений экспертов о ситуации, ее главным инструментом является когнитивная карта ситуации (Fuzzy Cognitive Map), составленная в виде ориентированного функционального графа. Прикладной характер когнитивного моделирования подробно изложен в известном труде Робертса, в котором особое внимание уделяется описанию импульсных процессов для прогнозирования развития ситуаций по орграфу. В 80-х годах XX в. увидели свет изобретенные Б. Коско Fuzzy Cognitive Maps (FCMs) – нечеткие когнитивные карты (или модели), на которых базируется большинство современных систем динамического моделирования, в которых причинные связи (связи взаимовлияния), отражают «силу» влияния одного концепта на другой, и могут принимать значения из диапазона от 0 до 1, либо от -1 до +1. В России на сегодняшний день широко используются нечеткие когнитивные карты В. Силова, в них отношения между концептами рассматриваются как элементы нечеткой матрицы смежности для графа. Интерес представляет совместное исследование В. Кандасами (Индия) и Ф. Смарандаче (США), в котором было предложен термин Neutrosophic Cognitive Maps, означающий математическую модель неопределенности, расплывчатости, неоднозначности, неточности системы. Александра Пенн и др. в своих исследованиях использовали нечеткие когнитивные карты для создания биоориентированной экономики в регионе Великобритании. М. Асмаа и др. в 2017 г. опубликовали статью «Изучение сценариев точного земледелия с использованием нечетких когнитивных карт», где разработаны несколько сценариев урожайности культур в зависимости от количества внесенных удобрений. Й. Халбе и Й. Адамовски разработана концепция устойчивого развития продовольственной системы с

использование когнитивных карт. Греческие исследователи Е. Папагеоргий, К. Коккинос, З. Дикопуло опубликовали серию работ, посвященных использованию нечетких когнитивных карт в сельском хозяйстве. В России вопросами когнитивного моделирования экономики занимается Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук. Исследования направлены на развитие теории и практики интеллектуальных систем. Таким образом, когнитивное моделирование и когнитивная карта – это широко распространенные инструменты для анализа и прогнозирования различных социально-экономических процессов [148].



Рисунок 11 – Алгоритм сценарного прогнозирования научно-технологического развития зернового производства

На основе интеграции сценарного и когнитивного моделирования автором предложен алгоритм построения сценариев научно-технологического развития зернового производства (рис. 11).

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 научно-технологического развития отрасли растениеводства зависят от возможных изменений ключевого фактора производства: труд, капитал и земля. Обозначим воздействие на него в виде: «+1» – увеличение темпов роста фактора, «0» – сохранение существующих тенденций, «-1» – снижение темпов роста. В результате получим матрицу всевозможных сценариев научно-технологического развития отрасли растениеводства в зависимости от изменения уровня каждого из факторов. Количество вероятных сценариев составит 27 (табл. 5) [180].

Такое формализованное представление сценариев дает возможность определить все возможные варианты развития отрасли с учетом изменений,

происходящих с факторами производства. Помимо это, облегчается процесс интерпретации выявленных сценариев [180].

Таблица 5 – Матрица всевозможных сценариев научно-технологического развития зернового производства в зависимости от изменения уровня каждого из факторов

|           |           |            |
|-----------|-----------|------------|
| (1;0;0)   | (0;0;0)   | (-1;0;0)   |
| (1;1;0)   | (0;1;0)   | (-1;0;1)   |
| (1;1;1)   | (0;1;1)   | (-1;1;0)   |
| (1;0;1)   | (0;0;1)   | (-1;1;1)   |
| (1;-1;-1) | (0;-1;-1) | (-1;-1;-1) |
| (1;-1;0)  | (0;-1;0)  | (-1;0;-1)  |
| (1;0;-1)  | (0;0;-1)  | (-1;-1;0)  |
| (1;1;-1)  | (0;1;-1)  | (-1;-1;1)  |
| (1;-1;1)  | (0;-1;1)  | (-1;1;-1)  |

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

### 3. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ДИНАМИКА НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА РОССИИ

#### 3.1 Оценка уровня инновационного развития зерновой отрасли России

Производство зерна – крупнейшая подотрасль сельского хозяйства России, которая является основой отечественного агропромышленного комплекса. От уровня развития этого подкомплекса зависит не только продовольственная безопасность нашей страны, но и обеспеченность населения основными продуктами питания, животноводства – кормами, а также финансовое состояние многочисленных сельхозтоваропроизводителей. Поэтому наращивание производства зерновых культур является стратегически важной задачей для России. В период с 2016 по 2020 гг. рост валового сбора зерна составил 10,2% или 12,3 млн т, преимущественно за счет увеличения производства пшеницы на 12,6 млн т (табл. 6).

Таблица 6 – Динамика посевных площадей и валового сбора зерна в хозяйствах всех категорий России

| Показатели                                                | 2016 г. | 2017 г. | 2018 г. | 2019 г. | 2020 г. | 2020 г. к 2016 г. |       |
|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|-------|
|                                                           |         |         |         |         |         | %                 | +, -  |
| Посевные площади зерновых и зернобобовых культур, тыс. га | 47100   | 47705   | 46339   | 46660   | 47896   | 101,7             | 796,0 |
| Валовой сбор зерна (в весе после доработки), млн т        | 120,7   | 135,5   | 113,3   | 121,2   | 133,0   | 110,2             | 12,3  |
| в том числе: пшеница                                      | 73,3    | 86,0    | 72,1    | 74,5    | 85,9    | 117,2             | 12,6  |
| рожь                                                      | 2,5     | 2,5     | 1,9     | 1,4     | 2,4     | 95,0              | -0,1  |
| ячмень                                                    | 18      | 20,6    | 17,0    | 20,5    | 20,9    | 116,3             | 2,9   |
| овес                                                      | 4,8     | 5,5     | 4,7     | 4,4     | 4,1     | 86,1              | -0,7  |
| кукуруза на зерно                                         | 15,3    | 13,2    | 11,4    | 14,3    | 13,5    | 88,1              | -1,8  |
| просо                                                     | 0,6     | 0,3     | 0,2     | 0,4     | 0,4     | 66,0              | -0,2  |
| гречиха                                                   | 1,2     | 1,5     | 0,9     | 0,8     | 0,9     | 74,4              | -0,3  |
| рис                                                       | 1,1     | 1,0     | 1,0     | 1,1     | 1,4     | 131,0             | 0,3   |
| зернобобовые культуры                                     | 2,9     | 4,3     | 3,4     | 3,3     | 3,4     | 118,8             | 0,5   |

В 2020 г. произошло уменьшение объемов производства по большинству видов зерновых культур: ржи на 5%, овса – на 13,9, кукурузы на зерно – на 11,9, проса – на 34, гречихи – на 25,6. Это связано с неблагоприятными природно-климатическими условиями в зернопроизводящих регионах России.

В структуре валового сбора зерна преобладают пшеница (64,6%), ячмень (15,7%) и кукуруза (10,2%) (рис. 12).

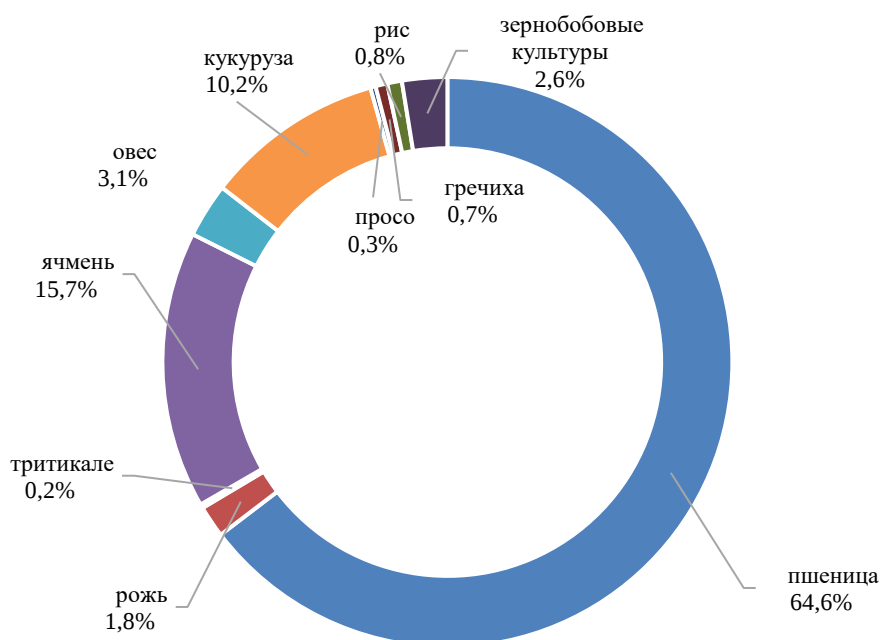


Рисунок 12 – Структура валового сбора зерна в 2020 г. в России

Увеличение посевных площадей под зерновыми культурами за 5 исследуемых лет составило 1,7%, при этом урожайности – 9,2% (табл. 7). Наибольший рост урожайности произошел по таким культурам как рожь (+20,2%), пшеница (+10,8), рис (+10,0). По кукурузе и просу урожайность снизилась на 28,6 и 7,4% соответственно.

В целом по зерну рост урожайности в 2020 г. по отношению к 2016 г. составил 9,2% до 28,6 ц/га.

Таблица 7 – Динамика урожайности зерновых и зернобобовых культур в хозяйствах всех категорий России

| Культуры                                | 2016 г. | 2017 г. | 2018 г. | 2019 г. | 2020 г. | 2020 г. к 2016 г., % |
|-----------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|
| <b>Зерновые и зернобобовые культуры</b> | 26,2    | 29,2    | 25,4    | 26,7    | 28,6    | 109,2                |
| пшеница                                 | 26,8    | 31,2    | 27,2    | 27,0    | 29,7    | 110,8                |
| рожь                                    | 20,3    | 21,7    | 20,0    | 17,3    | 24,4    | 120,2                |
| ячмень                                  | 22,1    | 26,2    | 21,6    | 24,0    | 25,3    | 114,5                |
| овес                                    | 17,3    | 19,6    | 17,3    | 18,2    | 17,7    | 102,3                |
| кукуруза                                | 55,1    | 49,0    | 48,1    | 57,0    | 51,0    | 92,6                 |
| просо                                   | 15,4    | 13,4    | 11,6    | 12,5    | 11,0    | 71,4                 |
| гречиха                                 | 10,6    | 10,2    | 9,5     | 10,0    | 10,9    | 102,8                |
| рис                                     | 53,0    | 53,1    | 57,6    | 57,6    | 58,3    | 110,0                |
| тритикале                               | 27,8    | 29,1    | 27,0    | 26,2    | 28,1    | 101,1                |
| зернобобовые культуры                   | 17,5    | 20,1    | 13,0    | 16,1    | 18,1    | 103,4                |

Таким образом, главным фактором увеличения валового сбора зерна в последние пять лет стала интенсификация производства, проявляющаяся в виде роста урожайности культур. Интенсификация в зерновом производстве включает в себя увеличение внесения удобрений на 1 гектар, обновление машинно-тракторного парка, использование средств защиты растений и т.д.

Научно-технологическое развитие зернового производства представляет собой перевод отрасли на новый качественный уровень, который позволит повысить эффективность основных факторов производства на основе достижений аграрных науки, техники и технологий. Выбор производительности труда, фондоотдачи и урожайности зерна 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.

Эффективность использования земли в зерновом производстве преимущественно зависит от уровня внесения удобрений, применения средств защиты растений и известкования почвы. В период с 2015 по 2019 гг. в России увеличилось внесение минеральных удобрений на 1 гектар – на 25,2% до 56,2 кг (табл. 8), при этом объем внесения не соответствует своему нормативному значению (меньше нормы в 3-4 раза). Внесение органических удобрений на гектар снизилось на 1,5% до 643,2 кг.

Таблица 8 – Показатели технико-технологического развития зернового производства России

| Показатели                                                           | 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. | 2018 г. | 2019 г. | 2019 г. к 2015 г., % |
|----------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|
| Внесено минеральных удобрений на 1 га, кг                            | 44,9    | 50,73   | 50,6    | 52,9    | 56,2    | 125,2                |
| Внесено органических удобрений на 1 га, кг                           | 652,7   | 655,5   | 647,0   | 631,1   | 643,2   | 98,5                 |
| Число тракторов на 1000 га пашни под зерновыми, ед.                  | 3       | 3       | 3       | 3       | 3       | 100,0                |
| Число зерноуборочных комбайнов на 1000 га посевов под зерновыми, ед. | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 100,0                |
| Нагрузка пашни на 1 трактор, га                                      | 308     | 320     | 328     | 337     | 345     | 112,0                |
| Нагрузка посевов на 1 комбайн, га                                    | 422     | 425     | 427     | 424     | 437     | 103,6                |
| Внесено известняка на 1 га, т                                        | 8,6     | 8,5     | 8,6     | 8,5     | 7,6     | 88,4                 |
| Внесено гипса на 1 га, т                                             | 2,8     | 4,2     | 4,9     | 5,0     | 6,2     | 221,4                |
| Внесено фосфоритной муки на 1 га                                     | 0,6     | 1,2     | 0,9     | 0,9     | 1,0     | 166,7                |
| Энерговооруженность труда, л.с/чел.                                  | 74      | 77      | 75      | 80      | 83      | 112,2                |
| Энергообеспеченность, л.с/100 га                                     | 197     | 200     | 198     | 200     | 199     | 101,0                |
| Доля машин и оборудования в основных фондах, %                       | 36,8    | 37,5    | 37,4    | 38,4    | 38,5    | 104,6                |
| Обработка инсектицидами 1 га, кг                                     | 0,5     | 0,5     | 0,5     | 0,5     | 0,5     | 109,3                |
| Обработка фунгицидами 1 га, кг                                       | 1,4     | 1,3     | 1,34    | 1,3     | 1,3     | 91,2                 |
| Обработка гербицидами 1 га, кг                                       | 0,9     | 1,1     | 1,05    | 1,1     | 1,1     | 120,0                |
| Количество приобретенных новых технологий, ед.                       | 133     | 62      | 635     | 242     | 493     | 370,7                |
| Число высокопроизводительных рабочих мест, тыс. ед.                  | 318,2   | 335,1   | 438,8   | 516,6   | 593,8   | 186,6                |

Для повышения плодородия почвы также используют химическую мелиорацию в форме ее известкования, гипсования или внесения фосфорной муки. За 5 исследуемых лет внесение известняка на 1 гектар сократилось на 11,6%, гипса – увеличилось в 2,2 раза, фосфоритной муки – увеличилось на 66,7%. Объемов проведения работ по химической мелиорации недостаточно, что грозит деградацией почв и выбытия их из сельскохозяйственного оборота.

Эффективность использования основных фондов в зерновом производстве определяется посредством анализа показателей количества сельскохозяйственной техники на 1000 га посевов или пашни и энергообеспеченностью. Число тракторов на 1000 га пашни и зерноуборочных комбайнов на 1000 га посевов под зерновыми культурами в период с 2015 по 2019 гг. не изменилось, оставшись на уровне 3 и 2 ед. соответственно. По этим показателям Россия существенно отстает от развитых стран (в США 27 ед., Германии – 83, Италии – 211) и от нормативных значений (14 тракторов на 1000 га пашни, 11 зерноуборочных комбайнов на 1000 га посевов). Результатом такой ситуации является потери в урожае до 10-15%. Энергообеспеченность за исследуемый период увеличилась лишь на 1% до 199 л.с. на 100 га, что также является неблагоприятным фактором технико-технологического развития отрасли. Доля машин и оборудования в структуре основных фондов растениеводческих хозяйств составляло 38,5% в 2019 г., что на 4,6% выше аналогичного показателя 2015 г.

Производительность труда в зерновом производстве во многом зависит от нагрузки пашни на 1 трактор, которая ежегодно возрастает и в 2019 г. составила 345 га, и от нагрузки посевов на зерноуборочный комбайн – также увеличивающейся (437 га, +3,6%). В то время как в США этот показатель составляет 37 га, в Германии – 12, в Китае – 36). Высокие показатели нагрузки на сельскохозяйственную технику при одновременном изношенном ее состоянии приводят к частым поломкам и потере части урожая.

В период с 2019 по 2015 гг. в отрасли существенно увеличилось количество приобретенных новых технологий – в 3,7 раза до 493 ед., что в масштабах

нашей страны является довольно низким показателем. Количество высокопроизводительных рабочих мест при этом выросло на 86,6% до 593,8 тыс. ед.

Технико-технологическая отсталость зерновой отрасли России во многом обуславливается невысокими инвестициями в основной капитал, которые выросли в 2019 г. по отношению к 2015 г. на 65,8% до 838,8 млрд руб. Ввод в действие основных фондов увеличился на 60,2% до 720 млрд руб.

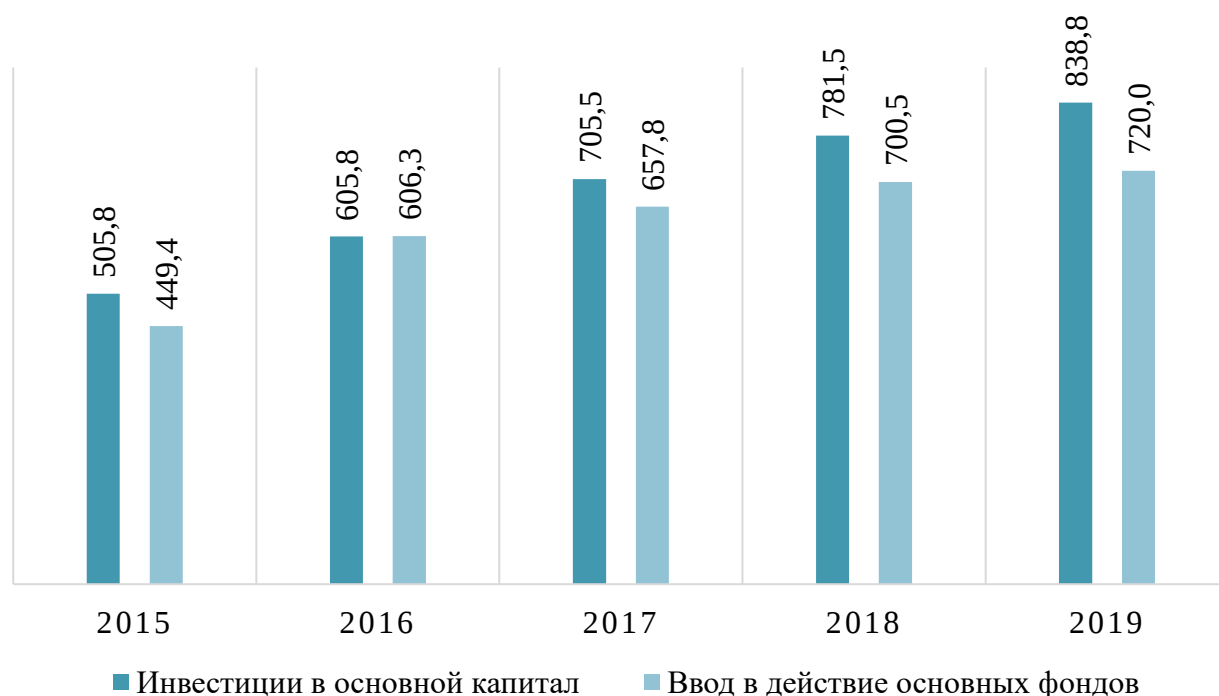


Рисунок 13 – Динамика инвестиций в основной капитал сельхозтоваропроизводителей в растениеводстве, млрд руб.

Одна из проблем инвестирования в основные фонды в отрасли заключается в том, что большинство сельхозтоваропроизводителей приобретают технику на вторичном рынке – морально и физически изношенную. Поэтому инвестиции не приводят к необходимому росту эффективности зернового производства. Большие посевные площади России требуют приобретения мощной, энергонасыщенной и высокопроизводительной техники, которая способна справиться с необходимым объемом работы.

В табл. 9 представлены показатели, характеризующие развитие сельскохозяйственных наук в России. Финансирование науки ежегодно сокращается – практически в половину за 5 лет до 319,1 млн руб. в 2019 г. В общей сумме

внутренних затрат на исследования и разработки в России сельскохозяйственным наукам принадлежит 1,7%.

Таблица 9 – Показатели научно-технологического развития отрасли растениеводства России

| Показатели                                                          | 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. | 2018 г. | 2019 г. | 2019 г. к 2015 г., % |
|---------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|
| Количество исследователей, чел.                                     | 11296   | 11066   | 10343   | 9575    | 9459    | 83,7                 |
| Внутренние затраты на ИиР, млн руб.                                 | 584     | 529     | 568,5   | 357,8   | 319,1   | 54,7                 |
| Количество селекционных достижений, допущенных к использованию, шт. | 2 313   | 2 678   | 2 359   | 2 368   | 3 498   | 151,2                |

Одновременно с этим происходит и сокращение числа исследователей в отрасли – на 16,3% до 9459 чел. Такое положение обуславливается во многом низкой эффективностью сельскохозяйственных наук, так как осуществляемые исследования и разработки в большинстве случаев не находят свое применение в реальном производстве и не соответствуют рыночным реалиям.

Не смотря на сокращение финансирования аграрной науки, количество селекционных достижений, допущенных к использованию, растет. В 2019 г. их число составляло 3498 шт., что на 51,2% выше уровня 2015 г.

Еще одна проблема в сфере научного обеспечения развития зернового производства заключается в ежегодном сокращении количества защищаемых кандидатских и докторских диссертаций: по селекции и семеноводству в 4 раза в период с 2010 по 2019 гг., по молекулярной биологии – в 6,5 раз, по биотехнологии в 3,7, по генетике – в 4,3.

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, увеличения доли организаций, осуществляющих технологические инновации в растениеводстве – в 2 раза и уровня инновационной активности организаций, занимающихся растениеводством на 14,3% (табл. 10).

Однако вышеперечисленных значений показателей недостаточно для технологического рывка в отрасли.

Таблица 10 – 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, % |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------|
| 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        |

Низкий уровень технико-технологического развития отрасли растениеводства России приводит к недополучению потенциально возможного объема производства продукции, что также свидетельствует о наличии нереализованных возможностей развития отрасли посредством ее научно-технологического развития.

В разрезе регионов России, лидерами по внедрению технологических решений в агропромышленном комплексе в 2019 г. стали Краснодарский и Алтайский край. Исследование проводилось Минсельхозом РФ, в рамках которого оценены показатели цифровизации АПК: апробация пилотных решений и их тиражирование, полнофункциональное применение электронного правительства и новых цифровых технологий, унификация и применение централизованных решений.

Как уже говорилось выше, 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. В Центральном ФО при высоких показателях урожайности зерновых и производительности труда, фондоотдача – низкая. Это говорит об использовании в производстве морально и физически устаревших техники и технологий. В Северо-

Кавказском ФО 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. В Сибирском федеральном округе высокие показатели производительности труда и фондоотдачи, но низкая урожайность, даже для своей природно-климатической зоны. Необходимо увеличение объемов внесения удобрений и проведения мелиорации для повышения плодородия почв (рис. 14).

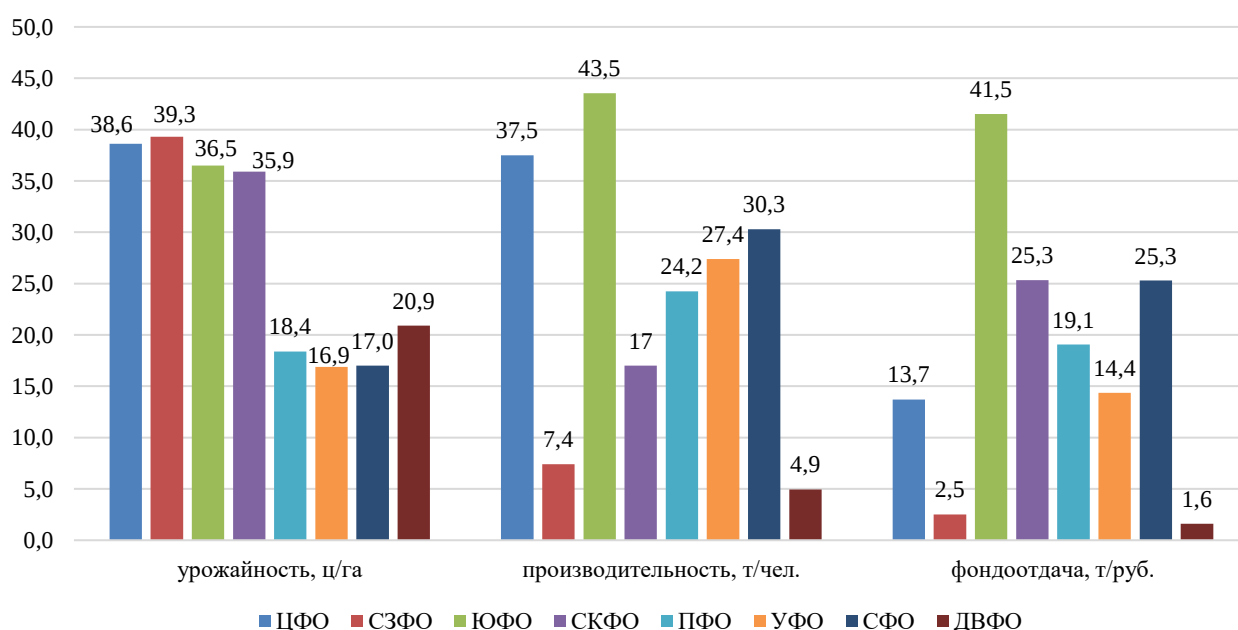


Рисунок 14 – Показатели научно-технического прогресса в зерновом производстве по федеральным округам в 2019 г.

Таким образом, анализ вышеперечисленных 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.).

По итогам Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. выявлено, что в России лишь 1,9% хозяйств используют системы точного вождения и дистанционного контроля качества выполнения технологических процессов и 9,2% – биологические средства защиты растений (табл. 11).

Лидером по использованию технологий точного земледелия является ЮФО – 12% хозяйств, по биологической защите растений – СКФО – 20,9%.

Таблица 11 – Количество хозяйств всех категорий, применяющих инновационные технологии, и удельный вес в их общем числе в РФ

| Федеральный округ | Биологические методы защиты растений от вредителей и болезней |      | Система точного вождения и дистанционного контроля качества выполнения технологических процессов |      |
|-------------------|---------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|                   | ед.                                                           | %    | ед.                                                                                              | %    |
| ЦФО               | 2346                                                          | 13,0 | 817                                                                                              | 4,0  |
| СЗФО              | 161                                                           | 4,0  | 65                                                                                               | 5,0  |
| ЮФО               | 1876                                                          | 5,9  | 633                                                                                              | 12,0 |
| СКФО              | 5892                                                          | 20,9 | 218                                                                                              | 0,8  |
| ПФО               | 1411                                                          | 5,3  | 385                                                                                              | 1,5  |
| УФО               | 256                                                           | 4,8  | 113                                                                                              | 2,1  |
| СФО               | 694                                                           | 3,7  | 331                                                                                              | 1,6  |
| ДВФО              | 220                                                           | 3,4  | 54                                                                                               | 0,9  |
| РФ, всего         | 12856                                                         | 9,2  | 2616                                                                                             | 1,9  |

Таким образом, регионы, внедряющие инновации (ЮФО и СКФО) имеют и более высокие показатели эффективности факторов зернового производства.

В 2018 г. Отраслевым центром прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития АПК на базе Кубанского ГАУ составлен рейтинг субъектов РФ по использованию элементов точного земледелия. Основной показатель для рейтинга – количество хозяйств, использующих одну или несколько технологий точного земледелия: определение границ полей с использованием спутниковых систем навигации, локальный отбор проб почвы в системе координат, параллельное вождение, спутниковый мониторинг транспортных средств, дифференцированные технологии опрыскивания, внесения удобрений, посева, орошения и обработки почвы, мониторинг состояния посевов с использованием дистанционного зондирования, составление цифровых карт урожайности и электропроводности полей [228].

Лидерами данного рейтинга является Краснодарский край – 189 хозяйств, Воронежская область – 182, Нижегородская – 144, Новосибирская – 141, Республика Башкортостан – 140 и Волгоградская область – 139 (рис. 15).

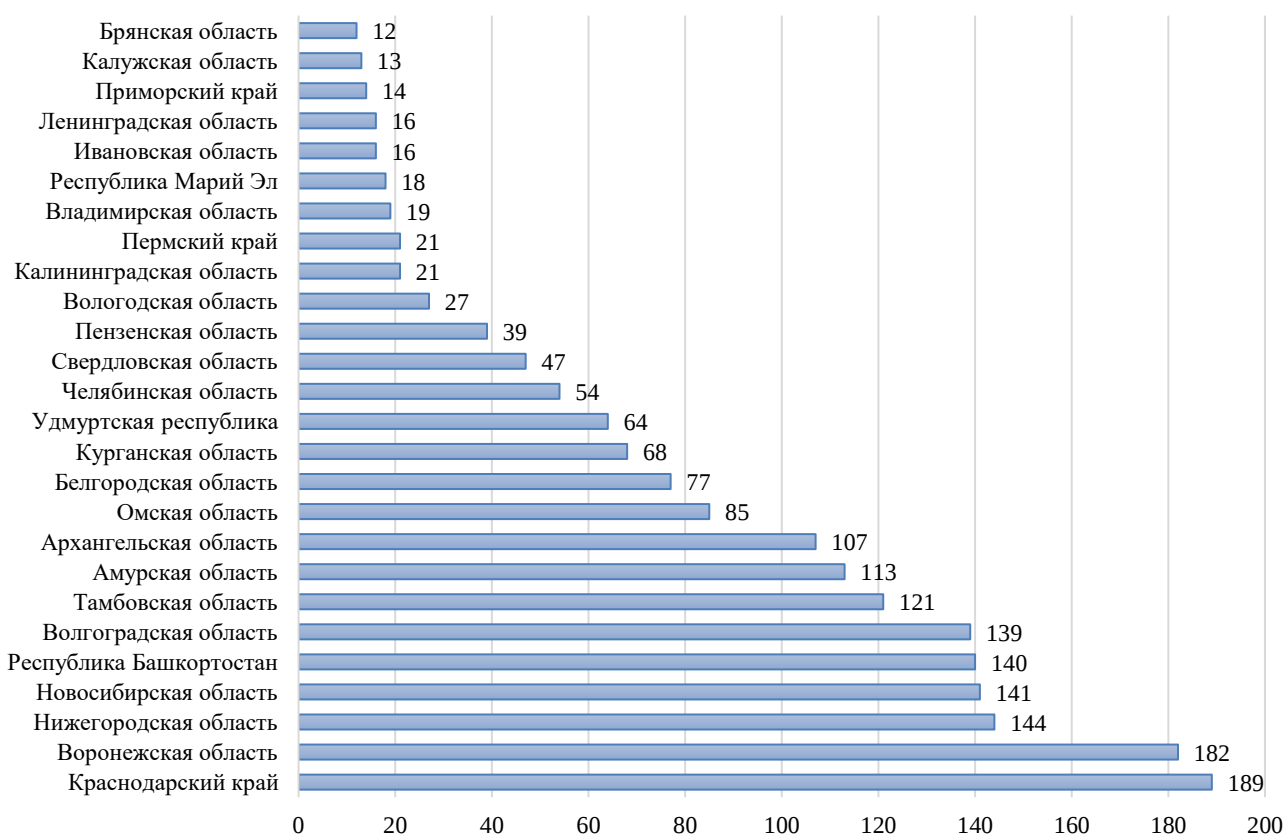


Рисунок 15 – Рейтинг субъектов РФ по использованию элементов точного земледелия

Даже несмотря на то, что Краснодарский край является лидером данного рейтинга, в общем количестве сельхозтоваропроизводителей края элементы точного земледелия используются в 24,6% хозяйств (в то время как в США – 80%). Т.е. использование современных инновационных технологий производства зерновых культур в России находится на очень низком уровне.

Базисом научно-технологического развития зернового производства являются селекция и семеноводство, обладающие множеством проблем, ставящих продовольственную безопасность нашей страны под угрозу. Во-первых, это хроническое недофинансирование данной отрасли науки. К примеру, по данным Центра технологического трансфера НИУ ВШЭ, в 2018 г. на селекцию пшеницы из государственного бюджета выделено 0,6 млрд руб., в качестве роялти селекционерами получено 0,1 млрд руб., т.е. общая сумма финансирования селекционной работы по пшенице составила 0,7 млрд руб. В то время как во Франции данный показатель составляет 3,5 млрд руб., а в Австралии – 3,9. Во-вторых, в

России наблюдается импортозависимость по некоторым зерновым культурам (табл. 12).

Таблица 12 – Уровень импортонезависимости по некоторым зерновым культурам в России

| Культура       | Доля семян отечественной селекции в объеме высеянных семян, % | Пороговое значение доли семян отечественной селекции в объеме, высеянных к 2025 г., % |
|----------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Пшеница озимая | 90,5                                                          | 92                                                                                    |
| Пшеница яровая | 82,2                                                          | 90                                                                                    |
| Ячмень яровой  | 63,2                                                          | 75                                                                                    |
| Кукуруза       | 45,8                                                          | 65                                                                                    |

Если по пшенице (озимой и яровой) показатели импортонезависимости довольно высокие, 90,5 и 82,2% соответственно, то по яровому ячменю и кукурузе – недостаточные для обеспечения независимости от импортного семенного материала (63,2 и 45,8%). Также по всем выделенным культурам значения данного показателя не соответствуют целевым индикаторам, заданным Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации к 2025 г. Особенно, это затрагивает селекцию и семеноводство кукурузы.

Согласно данным Государственного реестра среди допущенных к использованию сортов и гибридов в 2018 г. наибольшая импортозависимость наблюдалась по кукурузе: импортных сортов по данной культуре допущено в 2 раза больше, чем отечественных (рис. 16).

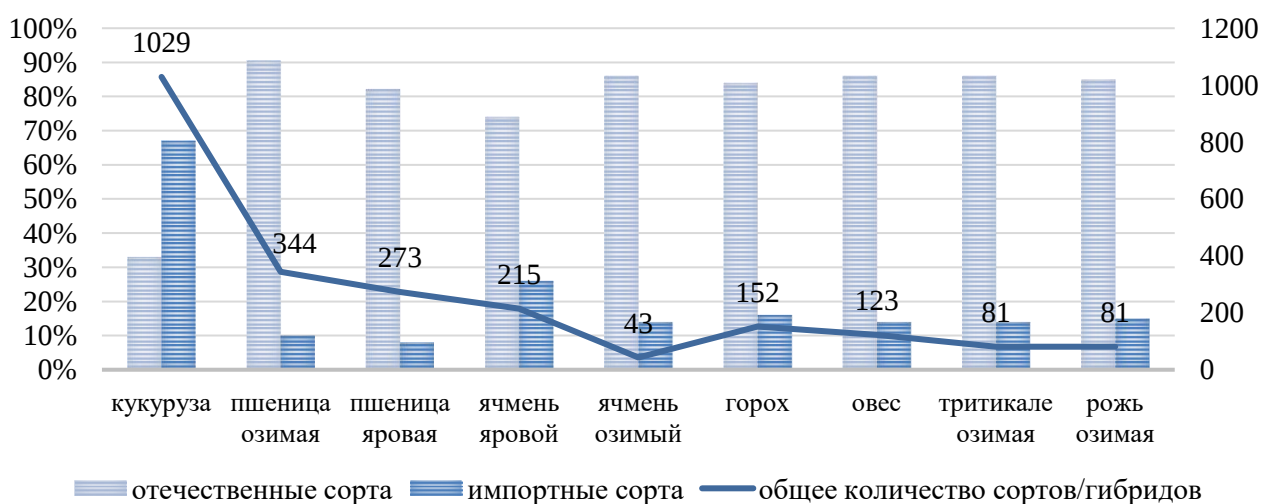


Рисунок 16 – Соотношение высеянных отечественных и импортных сортов зерновых и зернобобовых культур и их общее количество в России в 2018 г.

В-третьих, использование сельхозтоваропроизводителями элитных семян остается на низком уровне, несмотря на его положительную динамику (рис. 17).

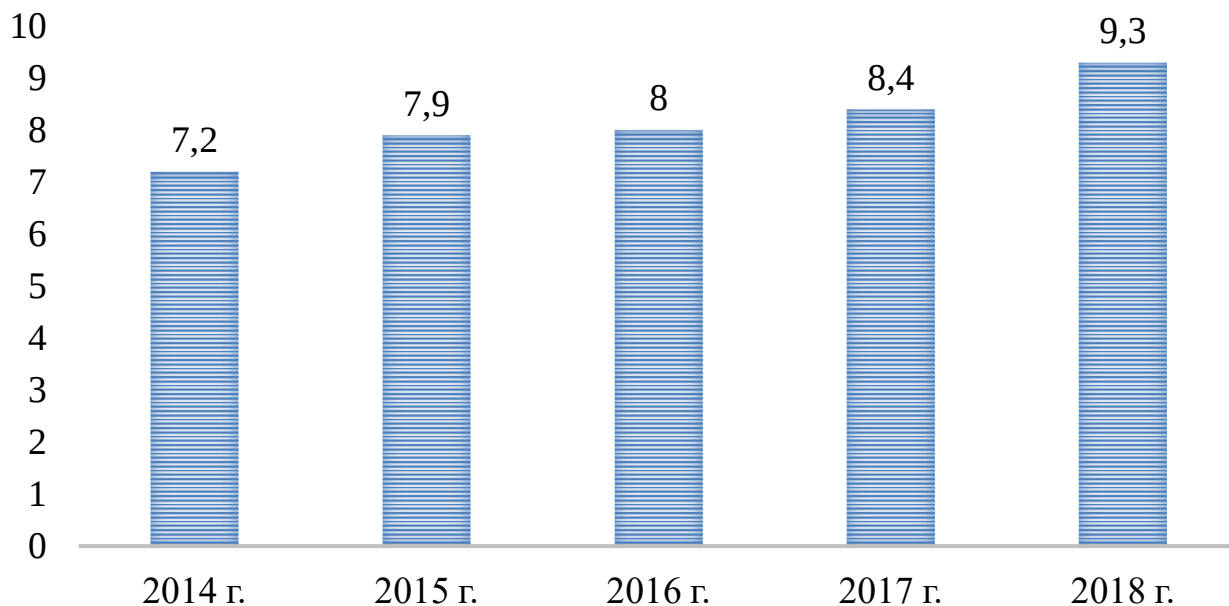


Рисунок 17 – Удельный вес площади, засеваемой элитными семенами в России, %

Увеличение удельного веса площади, засеваемой элитными семенами в России, в период с 2014 по 2018 гг. составило 29,2% до 9,3% в 2018 г.

Значительная часть сельхозтоваропроизводителей использует устаревшие, уже вышедшие из реестра или вообще не зарегистрированные сорта зерновых культур. В 2018 г. 18,8% таких сортов озимой пшеницы, 9% – кукурузы.

Селекция и семеноводство не только в наибольшей степени обеспечивают рост урожайности зерновых культур (вклад селекции составляет около 50%), но и их устойчивость к неблагоприятным природно-климатическим условиям. Поэтому ускоренное развитие данной области сельскохозяйственных наук должно стать приоритетным направлением государственной политики в области научно-технологического развития отрасли.

Таким образом, в научно-технологическом развитии зернового производства имеется ряд проблем, не позволяющих совершить технологический рывок в увеличении урожайности зерновых культур и повышении их качества:

1) низкий уровень инновационной активности сельхозтоваропроизводителей, несмотря на положительную динамику данного показателя;

2) недостаточные объемы внесения минеральных и органических удобрений под зерновые посевы, неспособные компенсировать вынос питательных веществ из почвы, а также химической мелиорации (известкования, гипсования), приводящие к заболачиванию, засолению и закислению сельскохозяйственных угодий;

3) неразвитость рынка семян (около 30% высеваемых семян являются массовыми репродукциями), нормативно-правовой базы в области селекции и семеноводства, а также отсутствие необходимой связи бизнеса с наукой при коммерциализации сортов зерновых культур;

4) нехватка высококвалифицированных специалистов, способных работать с современными информационными технологиями в зерновом производстве, а также научных работников в области сельскохозяйственных наук из-за низких объемов финансирования;

5) высокая себестоимость производства зерновых культур, обусловленная преимущественным приобретением техники, оборудования, агрохимии за рубежом, что может привести к потере конкурентоспособности российского зерна на мировом рынке. Особенно это актуально в условиях использования генно-модифицированных организмов в селекции зерновых культур во многих странах мира, которое снижает себестоимость продукции на 30-40%.

Решение вышеперечисленных проблем позволит обеспечить рывок в научно-технологическом развитии зернового производства России и реализовать в полном объеме потенциал, имеющийся в отрасли. Повышение инновационной активности в зерновой отрасли и массовое внедрение в него современных достижений аграрной науки, техники и технологий обеспечат возможность максимально эффективного использования всех факторов производства зерновых культур.

### 3.2 Построение 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:

$$G = \langle E, W \rangle,$$

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

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

Для построения когнитивной карты научно-технологического развития зернового производства необходимо понять какие факторы оказывают наибольшее влияние на изменение производительности труда, фондоотдачи и урожайности зерна – т.е. определить субфакторы. Сделать это можно с помощью анализа коэффициентов парной корреляции.

Для начала необходимо отобрать предварительную совокупность субфакторов, а потом оценить силу их влияния на основные факторы зернового производства. Анализ соответствующей литературы, экспертный опрос позволили выявить такую совокупность и сгруппировать субфакторы по трем группам:

влияние на производительность труда, фондоотдачу и урожайность зерна (рис. 18). Это технико-технологические показатели, так как они преимущественно характеризуют степень автоматизации, химизации, электрификации зернового производства. Также отдельно стоит выделить показатели научного развития отрасли, которые оказывают комплексное влияние на научно-технологическое развитие отрасли в целом (внутренние затраты на науку, количество зарегистрированных патентов, публикаций).

Для проведения корреляционного анализа использовались данные по зерновому производству России в период с 1990 г. по 2019 г.

| Труд                                                                               | Капитал                                                | Земля                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>Основные показатели технико-технологического развития</b>                       |                                                        |                                                                           |
| 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            |
| <b>Основные показатели научного развития</b>                                       |                                                        |                                                                           |
| Внутренние затраты на научные исследования и разработки                            |                                                        |                                                                           |
| Число зарегистрированных патентов                                                  |                                                        |                                                                           |
| Количество публикаций в международных изданиях, входящих в Scopus и Web of Science |                                                        |                                                                           |

Рисунок 18 – Группировка показателей технико-технологического и научного развития по влиянию на основные факторы зернового производства

Рассмотрим влияние различных факторов на производительность труда (рис. 19). Все исследуемые субфакторы имеют положительную взаимосвязь с производительностью труда в зерновом производстве, т.е. при росте/снижении субфактора происходит аналогичное изменение и результирующего фактора.

Видим, что наибольшее влияние на уровень производительности труда в зерновом производстве оказывает приобретение новых технологий (коэффициент корреляции 0,8). Новые технологии в современных условиях направлены на экономию ручного труда, автоматизацию и роботизацию всех процессов и рациональное использование имеющихся ресурсов.



Рисунок 19 – Распределение факторов, оказывающих влияние на производительность труда, по силе влияния

Их внедрение позволяет существенно повысить объем продукции, произведенный одним работником в хозяйствах. Также сильное влияние (коэффициент корреляции 0,7) на производительность труда имеют наличие высокопроизводительных рабочих мест и изменение нагрузки сельскохозяйственных угодий на технику (тракторы и зерноуборочные комбайны). Второе объясняется тем, что в российских масштабах сельхозтехника обрабатывает огромные площади, и объемы работы, производимые одним комбайнером или трактористом, постоянно растут, так как количество техники и работников ежегодно сокращается. Поэтому происходит увеличение производительности труда на одного работника в зерновом производстве.

Менее сильное влияние на показатель производительности труда оказывает заработная плата в отрасли (коэффициент корреляции 0,4) и энерговооруженность труда (коэффициент корреляции 0,3). Однако, это тоже значимые факторы, которые необходимо учитывать при построении когнитивной карты научно-технологического развития зернового производства. С ростом заработной платы повышается мотивация работников для производства большего объема продукции, а увеличение энерговооруженности труда повышает количество зерна, произведенное одним работником.

Далее рассмотрим влияние различных субфакторов на фондоотдачу в зерновом производстве (рис. 20).

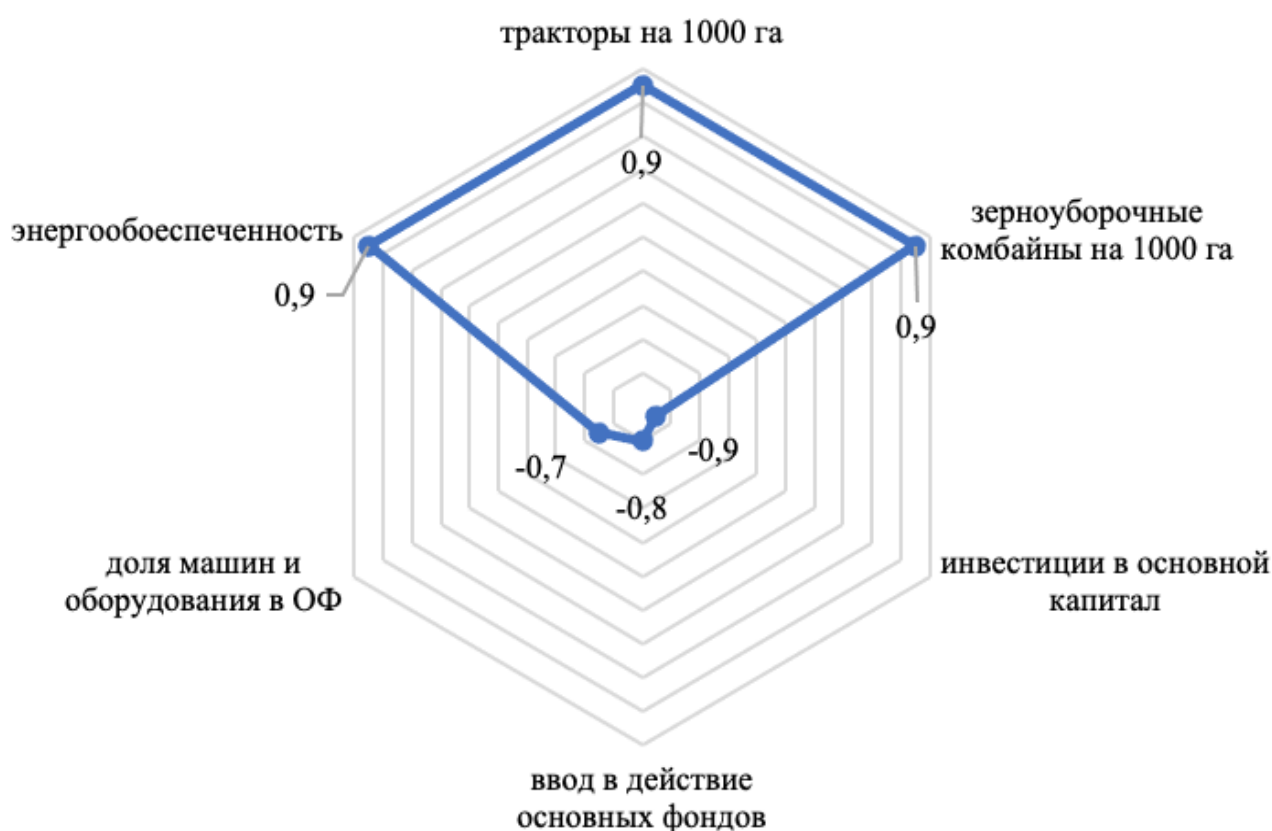


Рисунок 20 – Распределение факторов, оказывающих влияние на фондоотдачу, по силе влияния

Наибольшее положительное влияние на фондоотдачу (коэффициент корреляции 0,9) оказывают энергообеспеченность и количество техники на 1000 га сельхозугодий). Первое обусловливается тем, что энергонасыщенные тракторы и зерноуборочные комбайны способны получать больше урожая, и соответственно увеличивать эффективность своего использования. А второе – тем, что

чем больше сельскохозяйственной техники приходится на единицу площади, тем реже будут происходить ее поломки и простои. Это позволит увеличить объемы производимой продукции.

Как показал проведенный анализ, инвестиции в основной капитал имеют сильную обратную взаимосвязь с фондоотдачей (коэффициент корреляции  $-0,9$ ). Это говорит о том, что инвестиции в зерновом производстве России осуществляются неэффективно, техника в основном приобретается на вторичном рынке – морально и физически устаревшая. Поэтому рост инвестиций в основной капитал приводит к дальнейшему снижению отдачи от его использования. Аналогичная ситуация с вводом в действие основных фондов (коэффициент корреляции  $-0,8$ ).

Доля машин и оборудования в основных фондах также имеет обратную взаимосвязь с фондоотдачей (коэффициент корреляции  $-0,7$ ). Т.е. чем больше в структуре основных фондов машин и оборудования, тем ниже фондоотдача. Это неправильно, так как именно сельскохозяйственная техника и оборудованию создают основную стоимость в зерновом производстве. Такая ситуация говорит о том, что тракторы и комбайны в хозяйствах России не способны эффективно функционировать и наращивать объемы произведенной продукции.

На рис. 21 представлено распределение субфакторов, оказывающих влияние на урожайность зерна.

Сразу несколько субфакторов имеют сильную прямую взаимосвязь с показателем урожайности зерна (коэффициент корреляции  $0,8$ ) – это внесение минеральных удобрений, средств защиты растений (гербицидов и инсектицидов), а также использование новых селекционных достижений. Минеральные удобрения позволяют восполнить недостаток полезных веществ в почве; средства защиты растений – защитить урожай от вредителей и болезней, а новые селекционные достижения – повысить биологический предел урожайности зерновых культур и их устойчивость к неблагоприятным природно-климатическим условиям. Применение всего этого дает возможность существенно увеличить урожайность зерновых культур в различных агроландшафтных зонах.

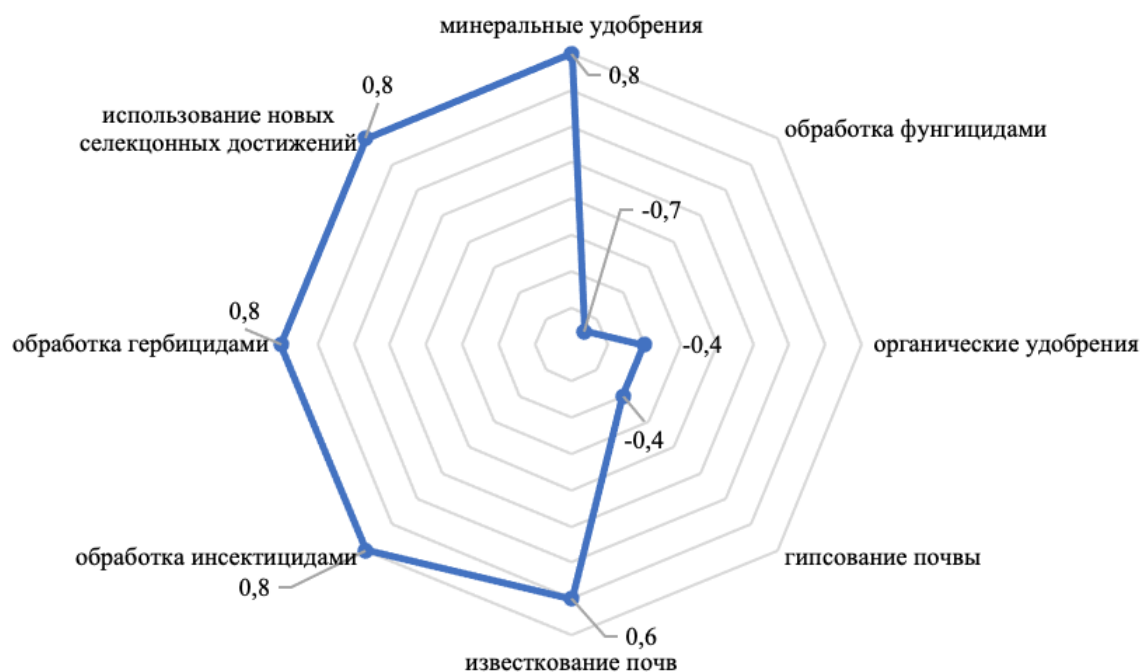


Рисунок 21 – Распределение факторов, оказывающих влияние на урожайность зерна, по силе влияния

Известкование почв оказывает среднее по силе и положительное влияние на урожайность культур. При том, что это необходимая для сохранения и повышения плодородия процедура. Невысокий коэффициент корреляции (0,6) говорит о недостаточном объеме внесения извести в почву в России на протяжении последних 30 лет. Еще более худшая ситуация сложилась с гипсованием сельскохозяйственных угодий. Отрицательное значение коэффициентов корреляции означает, что несмотря на снижение объемов этих видов химической мелиорации, урожайность все-таки росла. Однако происходило это за счет других субфакторов. При достаточном и правильном внесении фосфорной муки и гипса появится возможность существенно улучшить качество почв, избавиться от их заболачивания и закисления.

Аналогичная ситуация сложилась с внесением фунгицидов и органических удобрений. Их недостаточное использование в период с 1990 по 2019 гг. стало причиной отрицательного значения коэффициентов корреляции.

Таким образом, анализ субфакторов технико-технологического развития зернового производства показал, что некоторые из них используются неэффективно в производственном процессе. К таким субфакторам относятся:

инвестиции в основной капитал, сельскохозяйственная техника, применение фунгицидов, а также внесение фосфорной муки и гипса в почву. Это ключевые направления дальнейшего развития зерновой отрасли, которые позволят существенно увеличить урожайность зерна.

Из показателей научного развития наиболее значимым для научно-технологического развития являются внутренние затраты на научные исследования и разработки в сельскохозяйственных науках.

Таким образом, сформирована совокупность субфакторов, с помощью которой можно построить когнитивную карту научно-технологического развития зернового производства. Также необходимо определить взаимосвязи между всеми субфакторами посредством коэффициентов парной корреляции (табл. 13).

Далее на основе полученной информации с помощью специализированного программного обеспечения для когнитивного моделирования «ИГЛА» строится когнитивная карта научно-технологического развития зернового производства.

Линии на рисунке или графы означают силу и направление связей между субфакторами. Чем толще граф, тем связь сильнее. Нами были 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.

Таблица 13 – Распределение коэффициентов парной корреляции между субфакторами научно-технологического развития зернового производства

|                                        | внесение мин. удобрений на 1 га | внесение орг. удобрений на 1 га | тракторы на 1000 га | зерноуборочные комбайны на 1000 га | нагрузка пашни на 1 трактор | нагрузка посевов на 1 комбайн | внесение известняка на 1 га | инвестиции в основной капитал | ввод новых ОП | доля машин и оборудования в ОП | приобретение новых технологий | затраты на ИиР | заработная плата | высокопроизводи. раб. места | энерговооружен | энергообеспечен | площадь, обработанная мин. удобрениями | площадь, обработанная орг. удобрениями | внесение инсектицидов на 1 га | внесение фунгицидов на 1 га | внесение гербицидов на 1 га | селекционные достижения |
|----------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------|------------------|-----------------------------|----------------|-----------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| внесение мин. удобрений на 1 га        | 0                               | 0                               | 0                   | 0                                  | 0                           | 0                             | 0                           | 0                             | 0             | 0                              | 0                             | 0              | 0                | 0                           | 0              | 0               | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| внесение орг. удобрений на 1 га        | 0                               | 0                               | 0                   | 0                                  | 0                           | 0                             | 0                           | 0                             | 0             | 0                              | 0                             | 0              | 0                | 0                           | 0              | 0               | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| тракторы на 1000 га                    | 0                               | 0                               | 0                   | 0                                  | 0                           | 0                             | 0                           | 0                             | 0             | 0                              | 0                             | 0              | 0                | 0                           | 0              | 0               | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| зерноуборочные комбайны на 1000 га     | 0                               | 0                               | 0.99                | 0                                  | 0                           | 0                             | 0                           | 0                             | 0             | 0                              | 0                             | 0              | 0                | 0                           | 0              | 0               | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| нагрузка пашни на 1 трактор            | 0                               | 0                               | -0.9                | -0.97                              | 0                           | 0                             | 0                           | 0                             | 0             | 0                              | 0                             | 0              | 0                | 0                           | 0              | 0               | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| нагрузка посевов на 1 комбайн          | 0                               | 0                               | -0.9                | -0.97                              | 0.99                        | 0                             | 0                           | 0                             | 0             | 0                              | 0                             | 0              | 0                | 0                           | 0              | 0               | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| внесение известняка на 1 га            | 0                               | 0                               | -0.8                | -0.83                              | 0.84                        | 0.88                          | 0                           | 0                             | 0             | 0                              | 0                             | 0              | 0                | 0                           | 0              | 0               | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| инвестиции в основной капитал          | 0.97                            | 0                               | -0.9                | -0.94                              | 0.98                        | 0.97                          | 0.77                        | 0                             | 0             | 0                              | 0                             | 0              | 0                | 0                           | 0              | 0               | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| ввод новых ОП                          | 0.97                            | 0                               | -0.9                | -0.91                              | 0                           | 0.93                          | 0                           | 0.94                          | 0             | 0                              | 0                             | 0              | 0                | 0                           | 0              | 0               | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| доля машин и оборудования в ОП         | 0.82                            | 0                               | 0                   | 0                                  | 0.82                        | 0.81                          | 0                           | 0.89                          | 0.75          | 0                              | 0                             | 0              | 0                | 0                           | 0              | 0               | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| приобретение новых технологий          | 0                               | 0                               | 0                   | 0                                  | 0                           | 0                             | 0                           | 0.7                           | 0             | 0                              | 0                             | 0              | 0                | 0                           | 0              | 0               | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| затраты на ИиР                         | 0.8                             | 0                               | -0.85               | -0.88                              | 0.86                        | 0.87                          | 0                           | 0                             | 0             | 0                              | 0                             | 0              | 0                | 0                           | 0              | 0               | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| заработная плата                       | 0.95                            | 0                               | -0.9                | -0.93                              | 0.99                        | 0.95                          | 0.7                         | 0.98                          | 0.99          | 0.83                           | 0.7                           | 0.8            | 0                | 0                           | 0              | 0               | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| высокопроизводи. раб. места            | 0.85                            | 0                               | -0.8                | -0.8                               | 0.95                        | 0.9                           | 0                           | 0.95                          | 0.93          | 0                              | 0.7                           | 0              | 0.97             | 0                           | 0              | 0               | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| энерговооруженность                    | 0.96                            | 0                               | -0.94               | -0.95                              | 0.99                        | 0.97                          | 0                           | 0.97                          | 0.96          | 0.85                           | 0                             | 0              | 0.97             | 0.96                        | 0              | 0               | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| энергообеспеченность                   | -0.93                           | 0.8                             | 0.98                | 0.96                               | -0.92                       | -0.96                         | -0.83                       | -0.9                          | -0.87         | 0                              | 0                             | -0.8           | -0.86            | -0.85                       | -0.9           | 0               | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| площадь, обработанная мин. удобрениями | 0.78                            | 0.93                            | 0                   | -0.94                              | 0                           | 0                             | 0                           | 0.84                          | 0.81          | 0                              | 0                             | 0              | 0.8              | 0                           | 0              | 0               | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| площадь, обработанная орг. удобрениями | 0.94                            | 0                               | 0                   | 0                                  | 0                           | 0                             | 0                           | 0.96                          | 0.96          | 0.8                            | 0                             | 0.82           | 0.97             | 0.94                        | 0.96           | -0.93           | 0                                      | 0                                      | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| внесение инсектицидов на 1 га          | 0.96                            | 0                               | -0.9                | -0.94                              | 0.98                        | 0.97                          | 0                           | 0.96                          | 0.95          | 0.8                            | 0                             | 0.82           | 0.96             | 0.88                        | 0.97           | -0.93           | 0.8                                    | 0.97                                   | 0                             | 0                           | 0                           | 0                       |
| внесение фунгицидов на 1 га            | -0.88                           | 0                               | 0.9                 | 0.92                               | -0.89                       | -0.88                         | 0                           | -0.87                         | -0.8          | -0.75                          | 0                             | -0.72          | -0.88            | 0                           | -0.9           | 0.85            | 0                                      | -0.89                                  | -0.8                          | 0                           | 0                           | 0                       |
| внесение гербицидов на 1 га            | 0.96                            | 0                               | -0.92               | -0.92                              | 0.96                        | 0.94                          | 0                           | 0.95                          | 0.95          | 0.83                           | 0                             | 0              | 0.95             | 0                           | 0.95           | -0.9            | 0                                      | 0.95                                   | 0.94                          | -0.87                       | 0                           | 0                       |
| селекционные достижения                | 0.95                            | 0                               | -0.94               | -0.94                              | 0.97                        | 0.96                          | 0                           | 0.95                          | 0.91          | 0.83                           | 0                             | 0              | 0.95             | 0.9                         | 0.98           | -0.9            | 0.78                                   | 0.96                                   | 0.96                          | -0.9                        | 0.93                        | 0                       |

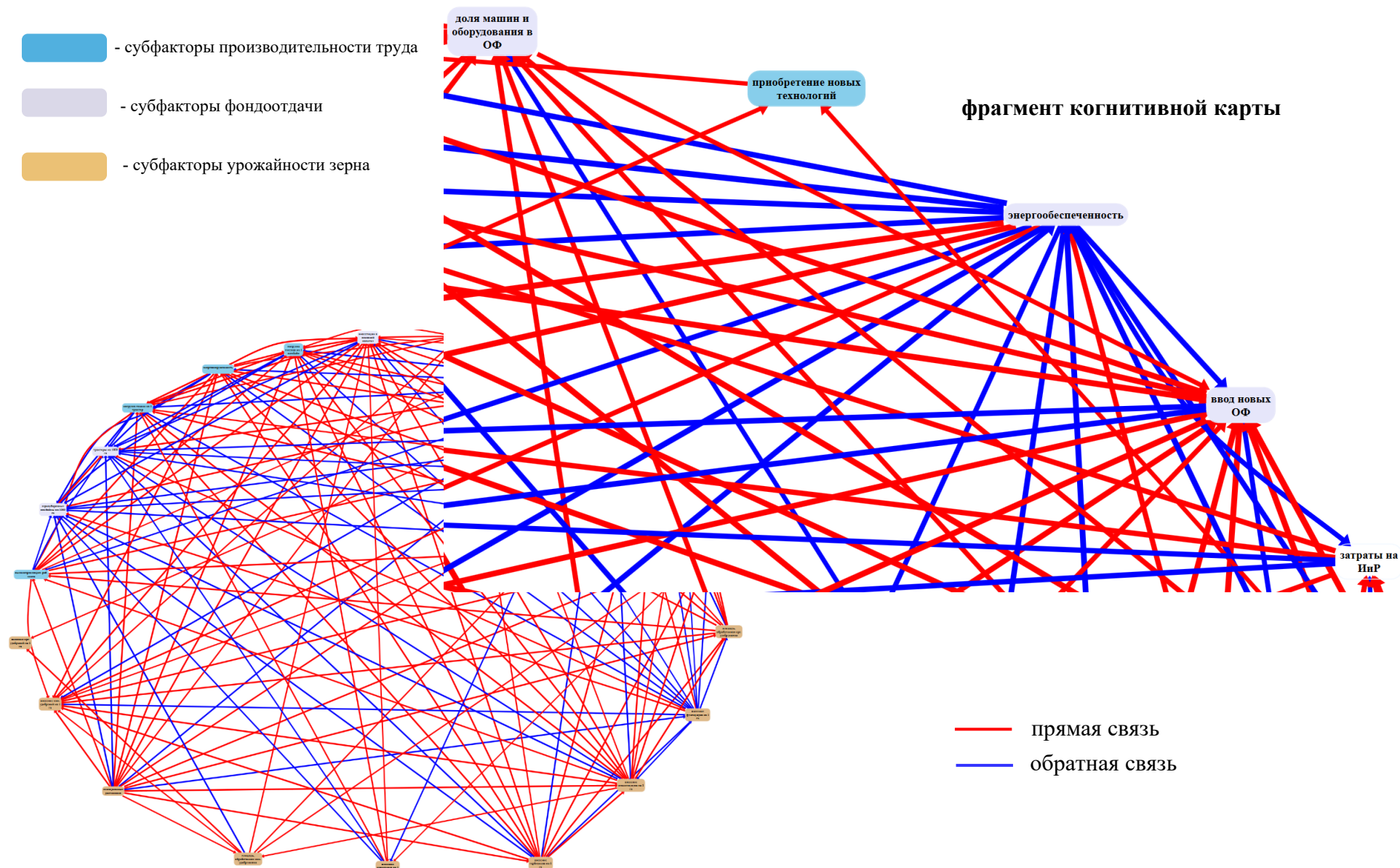


Рисунок 22 – Когнитивная карта научно-технологического развития зернового производства России

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.

В нашем случае управляющий фактор – это ключевой фактор (производительность труда или фондоотдача или урожайность зерна). Также необходимо определить управляющие субфакторы – те, которые оказывают наибольшее влияние на управляющий фактор.

Ранее проведенный анализ коэффициентов парной корреляции определил следующие управляющие субфакторы:

- 1) для производительности труда – приобретение новых технологий, высокопроизводительные рабочие места, а также нагрузка посевов на зерноуборочные комбайны и пашни – на тракторы;
- 2) для фондоотдачи – количество сельхозтехники на 1000 га угодий и энергообеспеченность, инвестиции в основной капитал;
- 3) для урожайности зерна – минеральные удобрения, обработка урожая средствами защиты растений, селекционные достижения.

Управляющие субфакторы в дальнейшем динамическом моделировании станут начальным этапом для воздействия на систему и определения целевых индикаторов научно-технологического развития зернового производства.

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 разработки 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.

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.

### **3.3 Ретроспективный анализ динамики урожайности зерновых культур и ее периодичность**

Важное значение при разработке прогнозов в области социально-экономических явлений имеет теория их развития, заключающаяся в характеристике основных причинно-следственных связей и закономерностей, а также экономических, социальных и других последствий развития объекта прогнозирования. Посредством теории развития определяются гипотезы и концепции, закладываемые в прогноз, что влияет на выбор используемых методов прогнозирования. Объектом прогнозирования в данном исследовании является научно-технический прогресс в зерновом производстве, материализация которого осуществляется посредством постепенного накопления небольших улучшений, усовершенствований и новшеств в производственном процессе.

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. 24 представлена такая периодичность 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. Один период – 1963-1980 продолжался 18 лет.

Как видно на рис. 23, наибольшие значения спектральной плотности наблюдаются в периоды 99, 49 лет, 33 года и 16,3 года. 99 и 49 лет не соответствуют целям исследования, так как необходимы периоды с небольшой продолжительностью. 33 года – это цикличность солнечной активности, которая, согласно английскому экономисту У. Джевонсу, оказывает влияние на колебания

урожайности зерновых, а это, в свою очередь, порождает промышленные и торговые циклы. Поэтому нами были выбраны периоды продолжительностью 16,3 года и округлены до 17 лет.

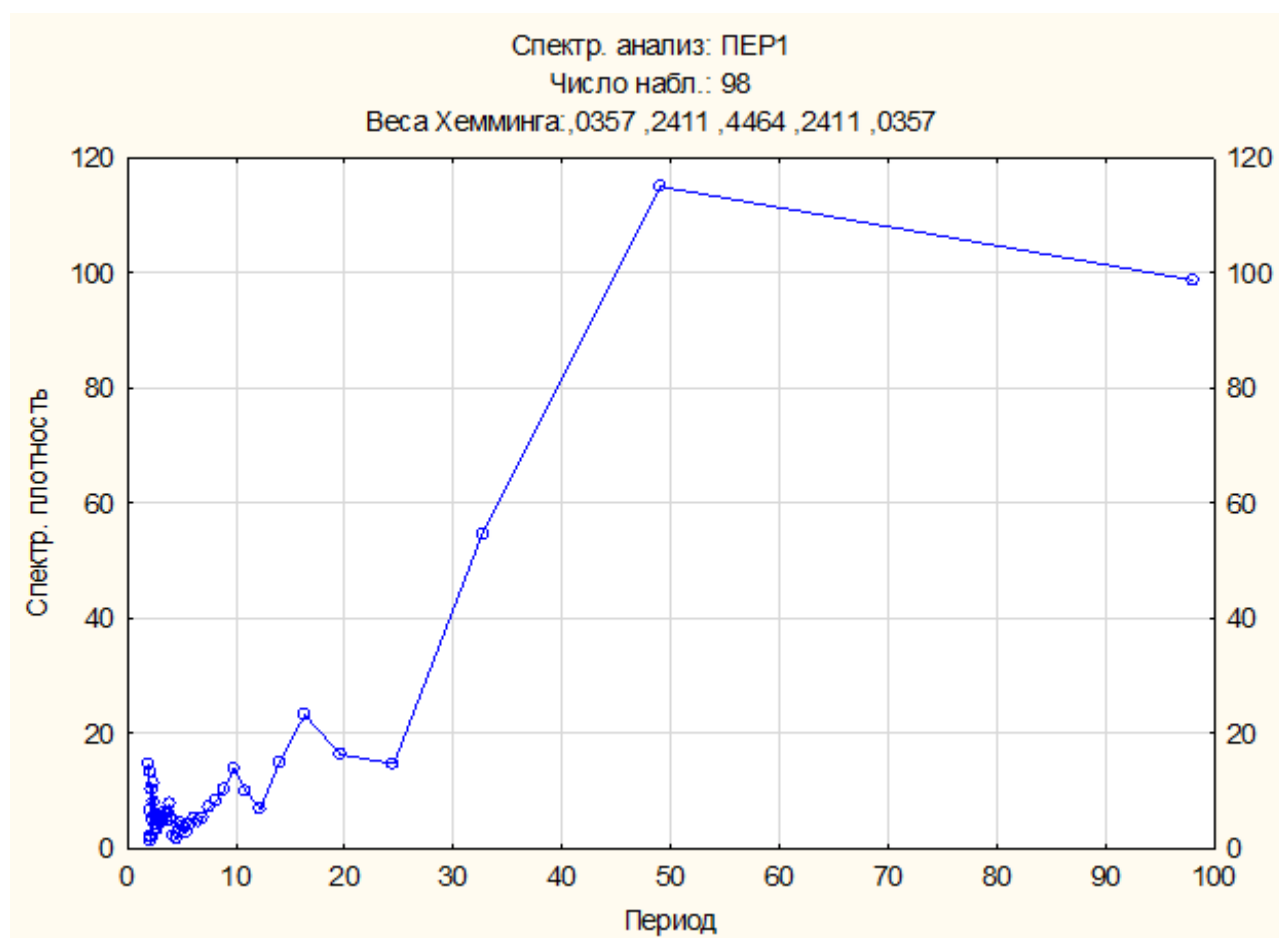


Рисунок 23 – Распределение значений спектральной плотности

По мнению ряда ученых именно 17-летние циклы отражают цикличность научно-технического прогресса и включают в себя периоды зарождения новых технологий, их коммерциализации, массового внедрения и достижения пика эффективности и постепенного ее снижения. Проведенный анализ показал, что периоды увеличения урожайности зерна связаны с разнообразными достижениями в области сельскохозяйственного машиностроения, которые позволяли увеличивать мощность и производительность машин (табл. 14).



Таблица 14 – Краткая характеристика периодов с постоянным уровнем  
технического развития

| №  | Времен-<br>ные рамки,<br>года | Средняя<br>урожай-<br>ность, ц/га | Краткая характеристика                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | 1929-1945                     | 7,3                               | В 1920 г. В.И. Ленин подписал декрет «О едином тракторном хозяйстве». 1922 г. – старт серийного производства тракторов («Коломенец-1», «Запорожец», гусеничный трактор «Коммунар»). 1930 г. – начало производства комбайнов «Коммунар». Открытие завода «Ростсельмаш». В 1935 г. совхозы убирали комбайнами 97% посевной площади. |
| 2. | 1946-1962                     | 8,5                               | Создание более производительных комбайнов серии «Сталинец». «Сталинец-6» мог одновременно срезать, молотить, очищать зерна, а также собирать солому. Появление первого самоходного комбайна «Сталинец-4», мощностью чуть более 50 л.с.                                                                                            |
| 3. | 1963-1980                     | 13,4                              | Массовое производство комбайнов «СК-4» и СК-5 «Нива», которая могла работать в различных природно-климатических зонах, а также убирать незерновые культуры. Мощность – до 100 л.с.                                                                                                                                                |
| 4. | 1981-1997                     | 15,7                              | Создание комбайнов «Дон-1200», «Дон-1500» и «Енисей 1200» мощностью свыше 100 л.с.                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5. | 1998-2014                     | 19,9                              | Высокопроизводительные комбайны «Acros 530», «Vector 410» с увеличенным зерновым бункером. Создание первых блочно-модульных зерноуборочных комплексов.                                                                                                                                                                            |
| 6. | 2015-н.в.                     | 28,2 <sup>1</sup>                 | «RSM 1403», «TORUM 780», «RSM 161» и др. с элементами точного земледелия с использованием геоинформационных систем (ГИС) навигации. Максимальная мощность машин – около 500 л.с. Создание первых беспилотных машин.                                                                                                               |

Видим, что начало первого периода с постоянным уровнем технического развития совпадает с массовым внедрением в производство зерновых культур тракторов и комбайнов и открытием завода «Ростсельмаш». Наиболее используемым зерноуборочным комбайном был «Коммунар», который прицеплялся к трактору. Средняя урожайность зерновых культур в стране в этот период составила 7,3 ц/га, а максимальное – 11,5 ц/га в 1937 г.

Второй период характеризуется созданием серии зерноуборочных комбайнов – «Сталинец». Начиная с четвертой модели, комбайны стали

<sup>1</sup> Данные взяты за период 2015-2020 гг.

самоходными с мощностью 53 л.с. Данная модель могла одновременно срезать, молотить, очищать зерна, а также собирать солому. Средняя урожайность зерна с 1946 по 1962 гг. – 8,5 ц/га, максимальная – 10,7 ц/га, в 1957, 1959 и 1961 гг.

Начало третьего периода связано с созданием серии зерноуборочных комбайнов СК заводом «Ростсельмаш», с увеличенной пропускной способностью (4-5 кг/с) и мощностью (до 100 л.с.). Машины могли работать в различных природно-климатических зонах. Благодаря внедрению этих комбайнов средняя урожайность зерновых увеличилась до 13,4 ц/га, а максимальная была достигнута в 1977 г. – 17,7 ц/га. Средняя производительность труда в зерновом производстве в этот период составила 10,3 тыс. т/чел.

Четвертый период с постоянным уровнем технического развития начался с резкого увеличения показателя урожайности зерна на 37,7% до 14,6 ц/га. В это время в зерновое производство поступили комбайны «Дон-1200» (160 л.с.) и «Дон-1500» (мощность 235 л.с.). Выпускались различные модификации этих комбайнов для нечерноземной зоны, для горной местности, рисоуборочный, гусеничный). Среднее значение урожайности зерна в этот период в нашей стране равнялось 15,7 ц/га, а максимально достигнуто в 1989 г. – 19,5 ц/га. При этом, производительность труда в отрасли снизилась по сравнению с предыдущим периодом на 17,5% до 8,5 тыс. т/чел.

Пятый период, начавшийся в 1998 г., с восстановления после неблагоприятных погодных условий и экономического кризиса, характеризуется использованием в производстве зерновых культур высокопроизводительных комбайнов серии «Acros» и «Vector». Это многофункциональные машины, предназначенные для уборки как зерновых, так и зернобобовых и масличных культур. Мощность первой модели «Acros 530» составляла 255 л.с., а одной из последних «Acros 590 Plus» – 325 л.с. Средняя урожайность зерна в этот период выросла на 27% по отношению к предыдущему и составила 19,9 ц/га, максимальная – 23,8 ц/га в 2007 г. Производительность труда существенно выросла – в 2,4 раза до 20,3 тыс. т/чел.

В шестом периоде, продолжающемся в настоящее время, произошел технологический рывок в уборке зерновых культур с помощью мощных, высокопроизводительных комбайнов, оснащенных элементами технологий точного земледелия (серии RSM, Topum). Их мощность доходит до 500 л.с. В последние годы появляются беспилотные машины, которые существенно уменьшают потери урожая и являются ресурсосберегающими. В период с 2015 по 2020 гг. средняя урожайность зерновых составила 28,2 ц/га, а производительность труда – 23,6 тыс. т/чел.

Конечно, нельзя утверждать, что рост урожайности зерна происходил исключительно благодаря использованию новых комбайнов и тракторов – это только один из факторов. Научно-технологическое развитие отрасли происходило и за счет использования новых селекционных достижений, минеральных удобрений, способов обработки почвы и т.д.

Урожайность зерновых культур находится в зависимости и от природно-климатических условий, выраженных среднегодовым количеством осадков и температурой воздуха. Поэтому необходимо изучить динамику этих показателей в период 1929 по 2019 гг., чтобы исключить влияние природно-климатических условий на изменение урожайности зерна в начале или конце периода с постоянным уровнем технического развития.

На рис. 25 представлена динамика среднего количества осадков и температуры воздуха, взятого по основным зернопроизводящим регионам страны: Краснодарский и Алтайский край, Белгородская область.

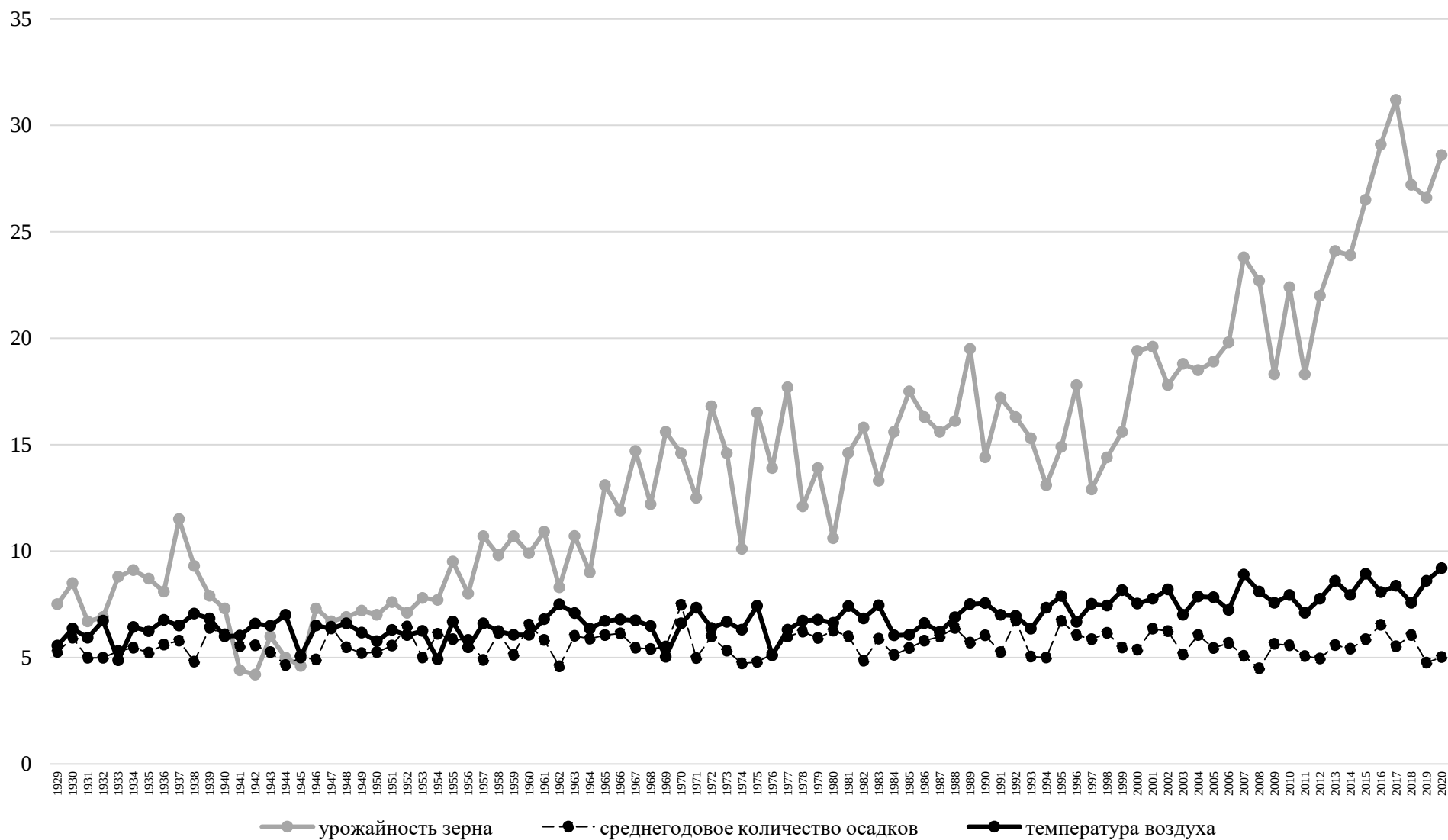


Рисунок 25 – Динамика количества осадков и температуры воздуха в среднем по основным зернопроизводящим регионам России, а также урожайности зерна

Видим, что начало первого периода – рост урожайности в 1929 г. не связано с природно-климатическими изменениями, количество осадков и температура оставались на своем среднем уровне. В начале второго периода, несмотря на увеличение температуры воздуха и снижение осадков, рост урожайности произошел за счет именно внедрения новых видов техники и технологий. В 1963 г. началось восстановление после засухи 1962 г. и последующий значительный рост урожайности зерновых. В начале четвертого периода в 1981 г. осадки и температура находились на своем среднем уровне. Аналогичная ситуация была и в 1998 г. Начало настоящего периода с постоянным уровнем технического развития ознаменовалось резким ростом урожайности зерна, несмотря на высокую среднюю температуру по регионам. Таким образом, природно-климатический фактор оказывает меньшее влияние на изменение урожайности, чем технико-технологический. Это подтверждает и проведенный далее корреляционно-регрессионный анализ, в рамках которого изучено влияние этих двух групп факторов на урожайность зерна. В качестве природно-климатических факторов выбраны среднегодовое количество осадков и среднегодовая температура воздуха в основных зернопроизводящих регионах России (Краснодарский и Алтайский края, Белгородская область). Техничко-технологические факторы – это внесение минеральных удобрений, известняка, гербицидов, инвестиции в основной капитал, энерговооруженность и селекционные достижения, допущенные к использованию. Динамика этих показателей рассмотрена в период с 2005 по 2019 гг. (табл. 15). Построено 2 уравнения регрессии, описывающие влияние природно-климатических и технико-технологических факторов.

Получены следующие результаты регрессионного анализа:

1) коэффициент множественной регрессии в первом случае составляет 0,47, что говорит о незначительном влиянии погодных условий на показатель урожайности зерна;

2) коэффициент множественной регрессии во втором случае – 0,82. Т.е. набор технико-технологических факторов более точно описывает изменение урожайности зерна, чем природно-климатических.

Таблица 15 – Динамика факторов изменения урожайности зерна (природно-климатических и технико-технологических) в России

| Год     | Факторы                                          |                                                             |                                                           |                                               |                                                          |                                                           |                                                 |                                                                                          |
|---------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | Среднего-<br>довое ко-<br>личество<br>осадков, м | Темпе-<br>ратура<br>воздуха,<br>градусов<br>по Цель-<br>сию | Внесено<br>минераль-<br>ных удоб-<br>рений на 1<br>га, кг | Вне-<br>сено<br>извест-<br>няка на<br>1 га, т | Инвести-<br>ции в ос-<br>новной<br>капитал,<br>млрд руб. | Энерго-<br>воору-<br>жен-<br>ность<br>труда,<br>л.с./чел. | Внесе-<br>ние гер-<br>бицидов<br>на 1 га,<br>кг | Количество<br>селекцион-<br>ных дости-<br>жений, до-<br>пущенных к<br>использова-<br>нию |
| 2005 г. | 5,4                                              | 7,8                                                         | 28,6                                                      | 6,6                                           | 142,3                                                    | 59                                                        | 0,8                                             | 1 049                                                                                    |
| 2006 г. | 5,7                                              | 7,2                                                         | 30,6                                                      | 7,2                                           | 224,2                                                    | 60                                                        | 0,8                                             | 1 186                                                                                    |
| 2007 г. | 5,1                                              | 8,9                                                         | 35,3                                                      | 7,2                                           | 338,5                                                    | 63                                                        | 0,8                                             | 1 323                                                                                    |
| 2008 г. | 4,5                                              | 8,1                                                         | 40,2                                                      | 7,7                                           | 399,7                                                    | 63                                                        | 0,8                                             | 1 461                                                                                    |
| 2009 г. | 5,6                                              | 7,6                                                         | 39,7                                                      | 8,4                                           | 325,2                                                    | 61                                                        | 0,8                                             | 1 598                                                                                    |
| 2010 г. | 5,6                                              | 7,9                                                         | 41,4                                                      | 9,0                                           | 303,8                                                    | 67                                                        | 0,87                                            | 1 735                                                                                    |
| 2011 г. | 5,1                                              | 7,1                                                         | 42,0                                                      | 8,3                                           | 446,9                                                    | 69                                                        | 0,9                                             | 1 873                                                                                    |
| 2012 г. | 5,0                                              | 7,8                                                         | 39,7                                                      | 8,0                                           | 476,4                                                    | 70                                                        | 1,0                                             | 1 895                                                                                    |
| 2013 г. | 5,6                                              | 8,6                                                         | 40,1                                                      | 9,8                                           | 516,6                                                    | 72                                                        | 0,9                                             | 2 258                                                                                    |
| 2014 г. | 5,4                                              | 7,9                                                         | 42,4                                                      | 9,0                                           | 510,3                                                    | 75                                                        | 0,9                                             | 2 558                                                                                    |
| 2015 г. | 5,9                                              | 8,9                                                         | 44,9                                                      | 8,6                                           | 505,8                                                    | 74                                                        | 0,9                                             | 2 313                                                                                    |
| 2016 г. | 6,5                                              | 8,1                                                         | 50,7                                                      | 8,5                                           | 605,8                                                    | 77                                                        | 1,1                                             | 2 678                                                                                    |
| 2017 г. | 5,5                                              | 8,4                                                         | 50,6                                                      | 8,6                                           | 705,5                                                    | 75                                                        | 1,05                                            | 2 359                                                                                    |
| 2018 г. | 6,1                                              | 7,6                                                         | 52,9                                                      | 8,5                                           | 781,5                                                    | 80                                                        | 1,1                                             | 2 368                                                                                    |
| 2019 г. | 4,8                                              | 8,6                                                         | 56,2                                                      | 7,6                                           | 838,8                                                    | 83                                                        | 1,1                                             | 3 498                                                                                    |

Таким образом, проведенный корреляционно-регрессионный анализ показал, что влияние природно-климатического фактора на значение урожайности зерна слабее, чем влияние технико-технологических факторов. Это говорит о том, что соблюдение агротехнологий и использование современной техники способны нивелировать ущерб от неблагоприятных погодных условий.

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 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.

В связи с этим, для каждого периода с постоянным уровнем технического развития 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.

Для подтверждения данного предположения рассмотрены три периода с постоянным уровнем технического развития (1963-1980, 1981-1997, 1998-2014 гг.). По первым двум периодам отсутствуют необходимые данные. Интересно посмотреть, какие факторы в эти периоды стали ключевым в обеспечении роста валового сбора зерновых культур.

Таблица 16 – Показатели научно-технологического развития зернового производства по периодам

| Год  | Валовой сбор зерна, млн т | Производительность труда, тыс. т/чел. | Фондоотдача, т/ тыс. руб. | Урожайность, ц/га |
|------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| 1963 | 86,8                      | 8,0                                   | 2181,0                    | 10,7              |
| 1964 | 87                        | 10,6                                  | 3099,2                    | 9                 |
| 1965 | 69,7                      | 8,0                                   | 2171,0                    | 13,1              |
| 1966 | 99,9                      | 11,2                                  | 2978,5                    | 11,9              |
| 1967 | 89,5                      | 10,1                                  | 3206,6                    | 14,7              |
| 1968 | 109,6                     | 12,3                                  | 3636,7                    | 12,2              |
| 1969 | 89,9                      | 10,0                                  | 2732,0                    | 15,6              |
| 1970 | 113,5                     | 12,1                                  | 3109,7                    | 14,6              |
| 1971 | 104,8                     | 11,0                                  | 2556,2                    | 12,5              |
| 1972 | 91,6                      | 9,5                                   | 1973,6                    | 16,8              |
| 1973 | 129                       | 13,1                                  | 2326,9                    | 14,6              |
| 1974 | 111,8                     | 11,1                                  | 1794,3                    | 10,1              |
| 1975 | 77,5                      | 7,4                                   | 1127,2                    | 16,5              |
| 1976 | 127,1                     | 11,8                                  | 1693,8                    | 13,9              |
| 1977 | 108,7                     | 9,9                                   | 1324,0                    | 17,7              |
| 1978 | 136,5                     | 12,1                                  | 1499,5                    | 12,1              |
| 1979 | 91,9                      | 8,1                                   | 943,4                     | 13,9              |
| 1980 | 105                       | 9,0                                   | 511,4                     | 10,6              |
| 1981 | 73,8                      | 6,3                                   | 626,1                     | 14,6              |
| 1982 | 98                        | 7,8                                   | 800,5                     | 15,8              |
| 1983 | 104,3                     | 8,4                                   | 796,3                     | 13,3              |
| 1984 | 85,1                      | 6,9                                   | 672,4                     | 15,6              |
| 1985 | 98,6                      | 8,1                                   | 732,1                     | 17,5              |
| 1986 | 107,5                     | 8,9                                   | 689,3                     | 16,3              |
| 1987 | 98,6                      | 8,2                                   | 597,9                     | 15,6              |
| 1988 | 93,7                      | 7,9                                   | 541,0                     | 16,1              |
| 1989 | 104,8                     | 8,9                                   | 575,1                     | 19,5              |
| 1990 | 116,7                     | 11,7                                  | 606,9                     | 14,4              |
| 1991 | 89,1                      | 8,9                                   | 424,4                     | 17,2              |
| 1992 | 106,9                     | 10,3                                  | 448,2                     | 16,3              |
| 1993 | 99,1                      | 9,6                                   | 412,7                     | 15,3              |
| 1994 | 81,3                      | 8,3                                   | 377,1                     | 13,1              |
| 1995 | 63,4                      | 6,5                                   | 341,6                     | 14,9              |
| 1996 | 69,3                      | 7,5                                   | 407,5                     | 17,8              |
| 1997 | 88,6                      | 10,3                                  | 564,6                     | 12,9              |
| 1998 | 47,9                      | 5,5                                   | 322,7                     | 14,4              |
| 1999 | 54,7                      | 12,4                                  | 43,0                      | 15,6              |
| 2000 | 65,5                      | 15,0                                  | 58,6                      | 19,4              |

|      |       |      |      |      |
|------|-------|------|------|------|
| 2001 | 85,1  | 20,6 | 72,7 | 19,6 |
| 2002 | 86,5  | 21,7 | 73,1 | 17,8 |
| 2003 | 67    | 17,9 | 56,5 | 18,8 |
| 2004 | 77,8  | 21,7 | 55,7 | 18,5 |
| 2005 | 77,8  | 20,0 | 54,0 | 18,9 |
| 2006 | 78,2  | 20,7 | 49,7 | 19,8 |
| 2007 | 81,5  | 22,2 | 41,5 | 23,8 |
| 2008 | 108,2 | 30,7 | 47,9 | 22,7 |
| 2009 | 97,1  | 27,9 | 37,8 | 18,3 |
| 2010 | 61    | 17,7 | 21,3 | 22,4 |
| 2011 | 94,2  | 27,6 | 30,1 | 18,3 |
| 2012 | 70,9  | 21,1 | 21,2 | 22,0 |
| 2013 | 92,4  | 27,9 | 25,2 | 24,1 |
| 2014 | 103,8 | 16,6 | 26,6 | 23,9 |

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.

Рассмотрим каждый из периодов более подробно. В 1963-1980 гг. ключевым фактором был труд в виде его производительности. Причем увеличение производительности труда на 1% приводило к росту валового сбора на 130%. Основные фонды использовались неэффективно, а земля – малоэффективно. Видим, что к середине данного периода производительность труда в зерновом производстве достигла своего максимального значения – 13,1 тыс. т/чел., после чего началось ее снижение.

В 1981-1997 гг. также ключевым фактором был труд. При этом вклад производительности труда в увеличение валового сбора зерновых снизился. Эффективность использования основного капитала возросла, как и земли. Видим, что основные факторы зернового производства в этот период использовались эффективно. Опять же, к середине периода достигнуто максимальное значение производительности труда – 11,7 тыс. т/чел., после чего она снижается.

Период 1998-2014 гг. характеризуется постепенным снижением вклада производительности труда в рост валового сбора зерна, в результате чего он сравнивался по коэффициенту эластичности с урожайностью. А влияние урожайности, наоборот, постепенно растет. К 2008 г. достигнута максимальная производительность труда в отрасли – 30,7 тыс. т/чел., далее следует ее снижение.

Тенденция снижения роли производительности труда в увеличении валового сбора зерна и роста влияния урожайности говорит о том, что в настоящем периоде с постоянным уровнем технического развития имеющиеся ресурсы необходимо направлять на рост эффективности сельскохозяйственных угодий – урожайности (увеличение внесения минеральных и органических удобрений, средств защиты растений, улучшение качества семенного материала и т.д.).

Согласно выявленным закономерностям, период, начавшийся в 2015 г., закончится в 2031 г. (17 лет). Для прогнозирования урожайности в этом году рассчитана скорость изменения урожайности по формуле:

$$v = \frac{s_k - s_n}{t},$$

где  $v$  – средняя скорость изменения урожайности;

$s_k$  – урожайность на конец периода;

$s_n$  – урожайность на начало периода;

$t$  – продолжительность периода.

На основе экстраполяции средней скорости изменения урожайности определено, что в период 2015-2031 гг. средняя урожайность зерна в России составит 35 ц/га (табл. 17).

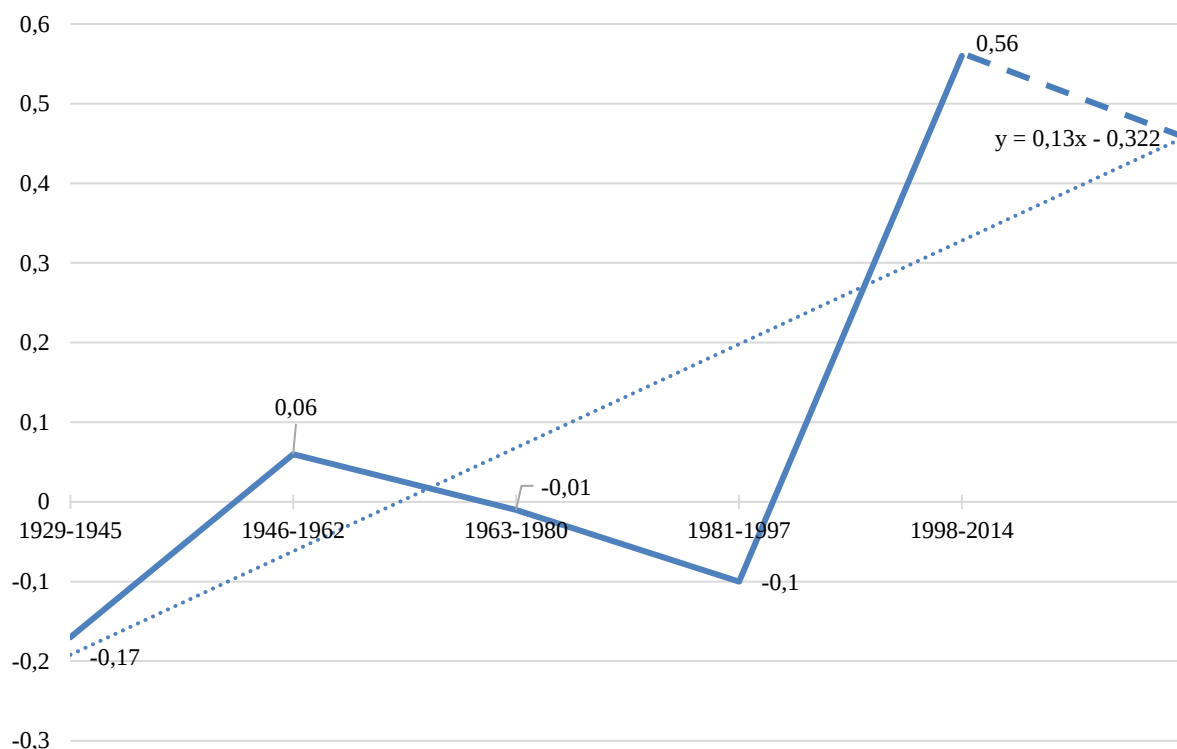


Рисунок 26 – Определение средней скорости изменения урожайности зерна графическим методом

На рисунке 26 видно, что при экстраполяции показателя скорости изменения урожайности зерна с помощью линейного тренда в периоде 2015-2031 гг. он будет равняться 0,46 ц/га в год.

Таблица 17 – Расчет средней скорости изменения урожайности зерна для каждого из периодов [142]

| № периода | Временные рамки | Урожайность на начало периода, ц/га | Урожайность на конец периода, ц/га | Разность между 4 и 3 столбцом, ц/га | Длительность периода, лет | Скорость, ц/га в год |
|-----------|-----------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------------|
| 1         | 2               | 3                                   | 4                                  | 5                                   | 6                         | 7                    |
| 1.        | 1929-1945       | 7,5                                 | 4,6                                | -2,9                                | 17                        | -0,17                |
| 2.        | 1946-1962       | 7,3                                 | 8,3                                | 1                                   | 17                        | 0,06                 |
| 3.        | 1963-1980       | 10,7                                | 10,6                               | -0,1                                | 18                        | -0,01                |
| 4.        | 1981-1997       | 14,6                                | 12,9                               | -1,7                                | 17                        | -0,1                 |
| 5.        | 1998-2014       | 14,4                                | 23,9                               | 9,5                                 | 17                        | 0,56                 |
| 6.        | 2015-2031       | 26,5                                | 35,0                               | 8,5                                 | 17                        | 0,5                  |

Таким образом, урожайность зерна выступает интегральным показателем научно-технологического развития, на основе анализа закономерностей которого выявлено, что ключевым фактором периода с постоянным уровнем технического развития с 2015 по 2031 гг. выступает земля, а приоритетные технологии, которые повышают 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 [142].

## **4. ПРОГНОЗ ДОЛГОСРОЧНОГО НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА РОССИИ**

### **4.1 Приоритетные направления развития науки, техники и технологий в зерновом производстве России**

С методологической точки зрения начальным пунктом при определении приоритетных направлений научно-технологического развития зернового производства является выявление глобальных технологических и социально-экономических трендов и их особенностей для нашей страны.

Научно-технологическое развитие отрасли осуществляется под влиянием глобальных трендов, которые затрагивают все страны мира и приводят к существенным изменениям в структуре экономики отрасли и жизни населения. Осуществляемые на постоянной основе прогнозные и форсайтные исследования дают возможность выделить глобальные тренды, оказывающие влияние на научно-технологическое развитие зернового производства на долгосрочную перспективу. Также для выявления глобальных трендов необходимо проанализировать научные публикации, прогнозные и аналитические материалы ведущих научных центров, международных организаций, консалтинговых компаний.

На основе проведенного анализа выявлено, что главными 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 [158].

Все мировые тренды в зерновой отрасли можно разделить на следующие группы:

По технологиям:

1. Биологизация производства. В настоящее время биотехнологии в растениеводстве по урожайности и себестоимости конкурируют с химическими методами. Без ядохимикатов и даже без минеральных удобрений в странах ЕС в органическом сельском хозяйстве, как показывают статистические данные, урожайность выше, чем в России с ядохимикатами и всем спектром химических удобрений. Китай, США, ЕС достигли предела применения агроядохимикатов и синтетических удобрений. Увеличение их применения уже не ведет к росту урожая, а, наоборот, провоцирует экологические проблемы, которые негативно влияют на сельхозпроизводство. Китай – самый крупный сельхозпроизводитель в мире, последние 10 лет активно внедряет методы биотехнологий в сельском хозяйстве [172]. Ежегодно открываются тысячи новых фабрик по производству биопрепаратов, требования к применению ядохимикатов ужесточаются. В странах Европы норма внесения минеральных удобрений снижается, под запрет попадают различные пестициды, список запрещенных ядохимикатов только растет. У США на сегодня крупнейшая в мире экономика биотехнологий (35 % от глобальной биоэкономики) и почти 50 % всего мирового рынка экологически чистой продукции [158].

2. Распространение биотоплива. Международные тенденции внедрения перспективных автомобильных топлив, направлены на развитие биотоплива, как этанола на основе кукурузы. Полезность энергии, которую через биотопливо можно получить с гектара пашни, для потребителей в развитых странах стала выше, чем полезность продовольствия. Уже сегодня США, Германия,

Франция не только энергично расширяют свой «биотопливный клин», но и импортируют биотопливо – пока что из Бразилии. Но по мере исчерпания традиционных энергоносителей спрос на биотопливо будет приводить к тому, что даже в продуктодефицитных странах, зерно будут стремиться перерабатывать в дорожающую энергию на экспорт, а не в хлеб для голодающего населения. Данный факт в совокупности с нестабильностью цен на углеводороды создают интерес к этому направлению. В среднесрочной перспективе планируется рост потребления зерновых на биотопливо на 12 % [172].

3. Генетический инжиниринг сельскохозяйственных культур, например создание многолетних зерновых культур, позволяющий снизить потребность в таких ресурсах как земля, вода, энергия, удобрения, гербициды и одновременно повышающий урожайность, что делает его привлекательными для устойчивого и продуктивного зернового производства. Данная технология, уже получившая название «вторая зеленая революция», в перспективе способна повышать производительность кукурузы, сои и пшеницы на 50%.

4. Повсеместное распространение точного земледелия, основой которого выступает идея о неоднородности обрабатываемых площадей. Поиск путей повышения экономической эффективности производства, ограничение площади пашни и ее истощение требуют новых способов управления ресурсами, оптимизации использования техники и оборудования, удобрений, семян. Использование технологий точного земледелия ведет к минимизации себестоимости единицы продукции. Основные инструменты данной технологии: спутниковая- и аэрофотосъемка (в т. ч. посредством дронов), датчики для отслеживания фитосанитарной ситуации в посевах, состояния почвы, воздуха, посевов [158, 172].

По рыночной конъюнктуре:

1. Смещение спроса на зерновую продукцию в сторону азиатских рынков. Основные потребители продовольствия в ближайшие 10-20 лет – это Восточно-Азиатский рынок: Китай, Япония, Монголия, Тайвань, КНДР; Индия, Северная Африка, Ближний Восток.

2. Волатильность цен на пшеницу (снижение на 40% в период с 2008 по 2019 гг.), в связи с ростом ее предложения на мировом рынке со стороны США, Аргентины, России. В то же время будет происходить рост спроса зерновых со стороны животноводов на кормовые цели и его снижение на продовольственные цели.

3. Рост спроса на кукурузу, в частности на кормовые цели. В США в среднесрочном периоде планируется преобладание объемов производства кукурузы над пшеницей (новые биотехнологические проекты и технологии в США позволили генетически модифицировать такие культуры как кукуруза и соя, что привело к повышению их устойчивости к гербицидам, насекомым, вирусам, грибам и негативным природно-климатическим факторам. В результате урожайность и рентабельность этих культур заметно увеличились), что сократит объемы экспорта последней на мировой рынок на 15%. Данный факт позволит России стать главным экспортером пшеницы.

4. К 2021 г. прогнозируется смещение мирового потребительского спроса на сельскохозяйственные культуры в сторону риса, в частности это касается развивающихся стран.

5. Рост спроса на функциональное и персонализированное питание. Социокультурные изменения и тренды в других отраслях привели к росту персонализации продуктовых предложений. В перспективе население развитых стран будет уделять большее внимание качеству потребляемой продукции растениеводства и стремиться выстроить свой рацион с максимальной пользой для здоровья, что сделает привлекательными сегменты персонализированного питания. Следствием роста спроса на персонализированное питание станет увеличение сегмента органического зернового производства. При выборе продуктов питания все большее внимание уделяется «экологически чистой» продукции [158, 172].

Все вышеперечисленные тренды подтверждаются и результатами библиометрического и патентного анализа, в рамках которых выявлены исследовательские фронты, т.е. совокупность высоко цитируемых публикаций по направлению исследования, в российских и зарубежных базах научного цитирования (рис. 27).

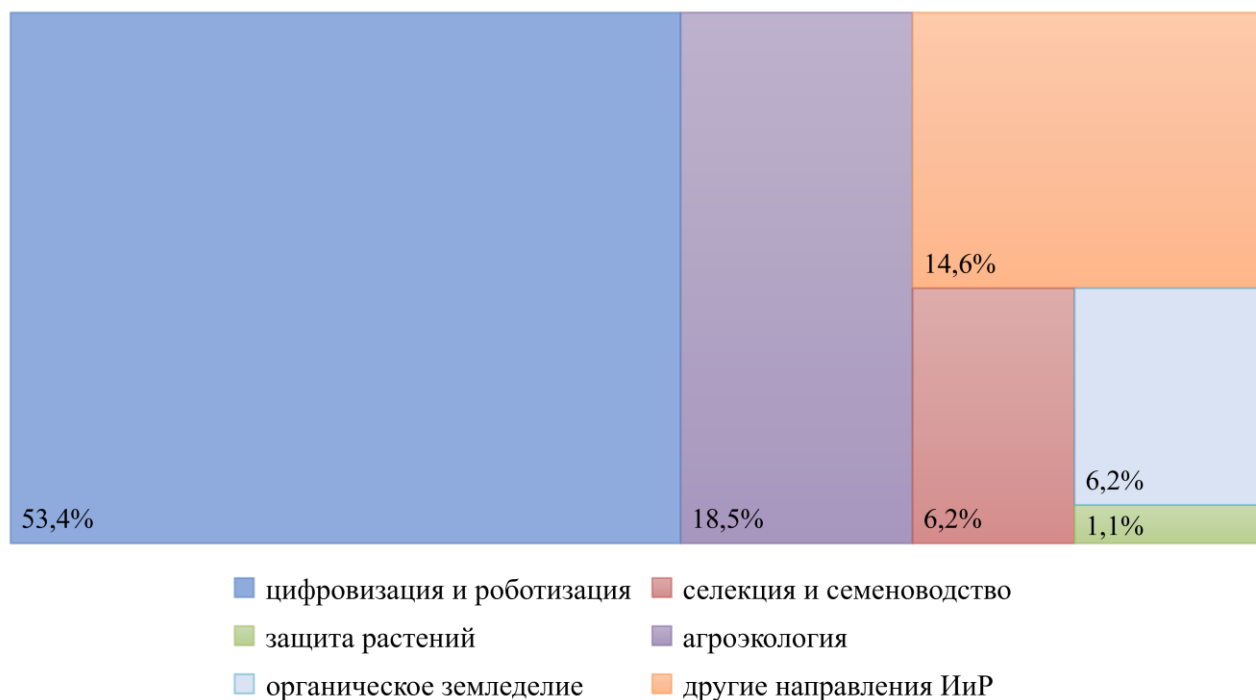


Рисунок 27 – Распределение научных исследований и разработок по основным направлениям научно-технологического развития зерновой отрасли

В структуре исследований по вопросам, связанным с зерновым производством в базе данных Web of Science, наибольший удельный вес имеют агрономия, экология, науки о растениях, садоводство, почвоведение, биотехнологии, сельскохозяйственное машиностроение, биотопливо. Это уже устоявшиеся тренды в развитии отрасли, изучению которых посвящено множество научно-исследовательских работ.

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, оптимизация и контроль, биоинформатика, агроинформатика, 3D-

моделирование урожая, сельскохозяйственное машиностроение; механизация сельского хозяйства, роботизация, эргономика. 18,5% исследований посвящены агроэкологии, системам агролесоводства, 6,2 – технологиям селекции и семеноводства, столько же – органическому земледелию, 1,1 – защите растений.

В целом интерес к исследованиям отрасли во всем мире ежегодно растет (рис. 28). Количество публикаций по данной тематике в период с 2010 по 2019 гг. увеличилось на 56,5% до 10922 шт.

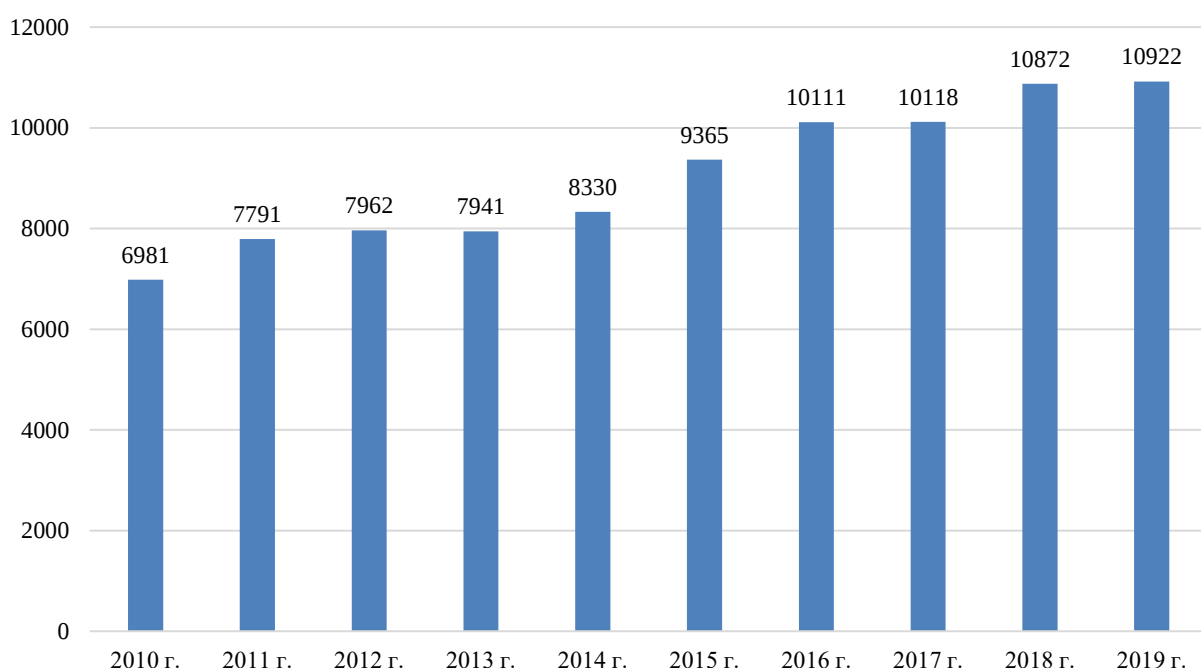


Рисунок 28 – Динамика публикаций по вопросам, связанным с зерновым производством, в период с 2010 по 2019 гг.

В структуре публикаций, касающихся зернового производства, значительная часть принадлежит селекции и семеноводству – 14,4%. На рисунке 29 представлена динамика количества публикаций по направлению «селекция и семеноводство». В период с 2010 по 2019 г. данный показатель увеличился на 63% и в 2019 г. составил 1573 публикации.

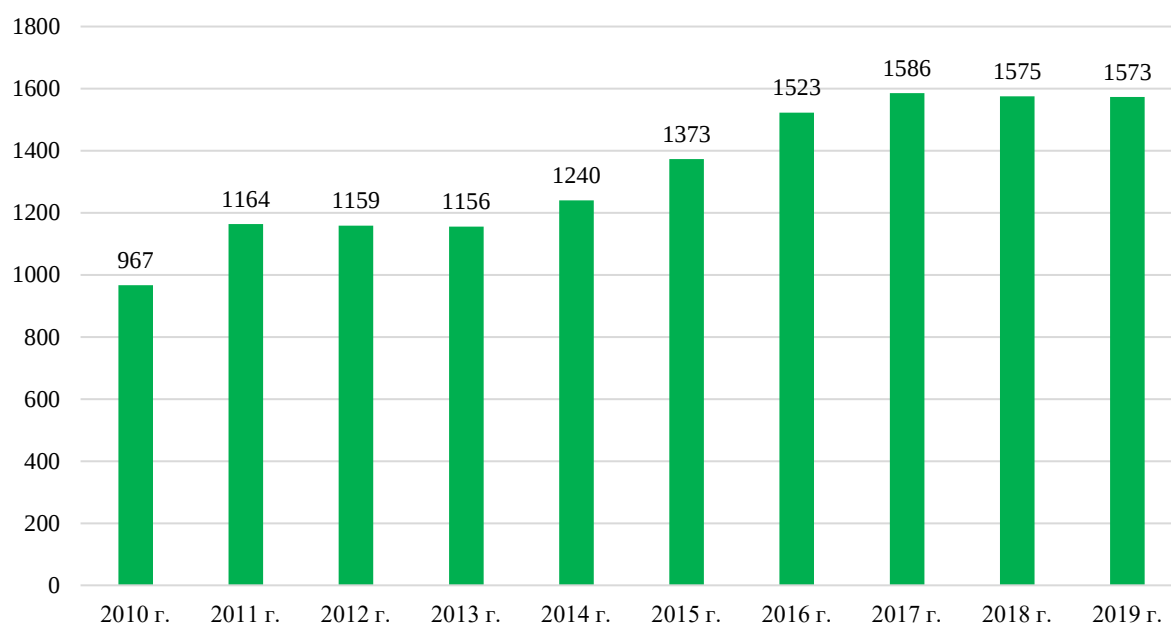


Рисунок 29 – Динамика публикаций по направлению «селекция и семеноводство» в период с 2010 по 2019 гг.

Органическое земледелие в исследованиях менее распространено. Общее количество публикаций за последние 10 лет – 6436 шт. При чем после значительного роста в 2015-2018 гг. количества публикаций, в 2019 г. произошло снижение (рис. 30).

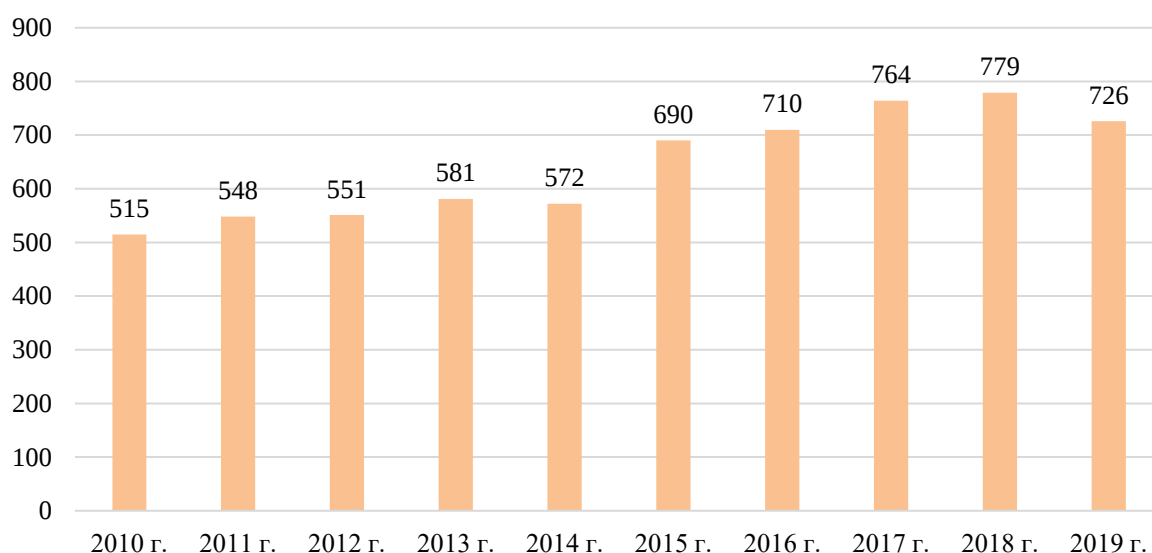


Рисунок 30 – Динамика публикаций по направлению «Органическое земледелие» в период с 2010 по 2019 гг.

Для России особой актуальностью обладают исследования, посвященные селекции и органическому земледелию. Это основные направления научно-технологического развития отрасли на долгосрочный период. Рассмотрим более подробно структуру исследования по селекции и семеноводству (рис. 31).

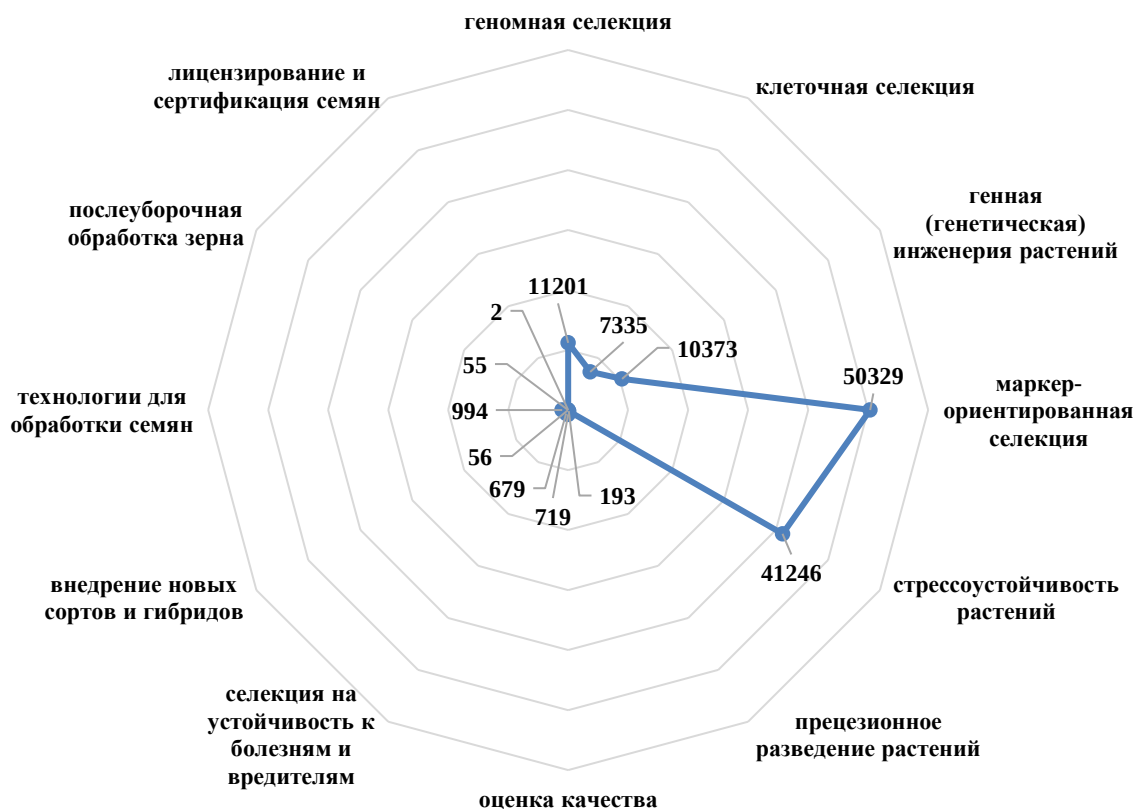


Рисунок 31 – Распределение научных публикаций по теме «селекция и семеноводство» в базе данных Web of Science

Наиболее распространенными направлениями исследований являются маркер-ориентированная селекция, стрессоустойчивость растений, геномная селекция и генная инженерия растений. Это и подтверждает один из основных трендов в отрасли – управление генетической основой растений и снижение их зависимости от природно-климатических условий.

Аналогичным образом проведен анализ по направлению «органическое земледелие» (рис. 32).

Наиболее распространенными темами исследований являются система органических удобрений, питательные растворы, технологии возделывания культур в органическом земледелии, No-Till и гидропоника.

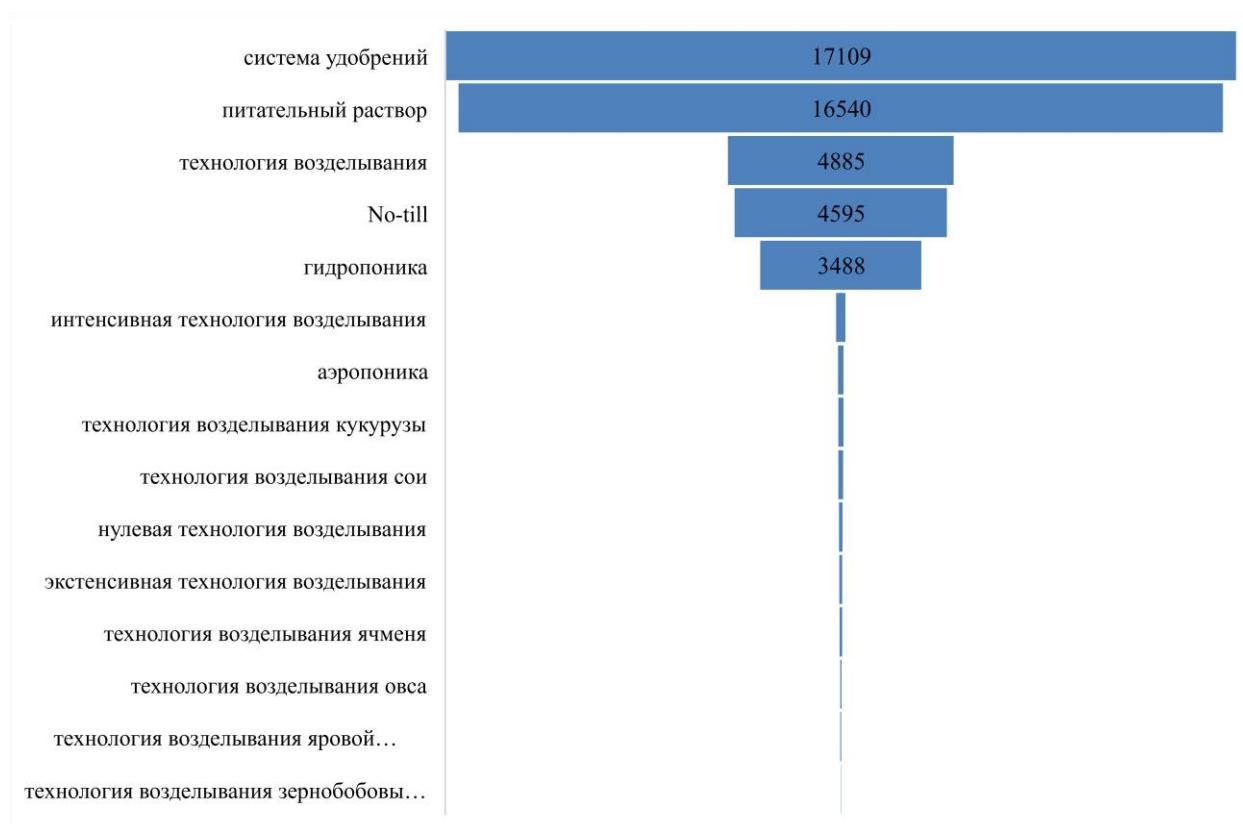


Рисунок 32 – Распределение научных публикаций по теме «органическое земледелие» в базе данных Web of Science

Таким образом, библиометрический анализ показал, что в настоящее время в зерновой отрасли исследования и разработки сосредоточены, во-первых, на сельскохозяйственном машиностроении и технологиях точного земледелия, во-вторых, на биотехнологиях и в-третьих, на агроэкологии. Т.е. научно-технологическое развитие отрасли направлено на экономию ресурсов и решение экологических проблем. Задельными технологиями, которые покажут свою эффективность в долгосрочном периоде являются биоинформатика, биоинженерия и геномика.

Для сопоставления российских исследований и разработок в зерновом производстве глобальным трендам в научно-технологическом развитии необходимо провести патентный анализ по российской базе технологий в отрасли.

Анализ проводился по базе данных Федерального института промышленной собственности (действующие патенты). Проанализированы патенты по селекции и семеноводству и органическому земледелию за последние 5 лет.

На рис. 33 представлено распределение патентов в области селекции и семеноводства по основным направлениям исследований и разработок.

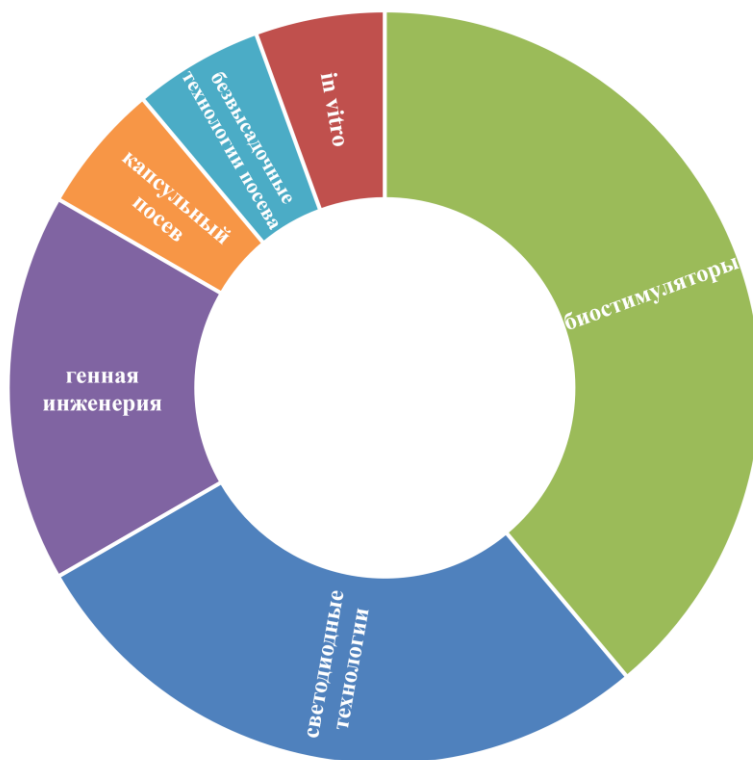


Рисунок 33 – Распределение патентов в области селекции и семеноводства по основным направлениям исследований и разработок

Преимущественно исследования и разработки в области селекции и семеноводства направлены на использование биотехнологий, светодиодных технологий и генной инженерии.

В области органического земледелия патентов в 3 раза больше, чем в селекции и семеноводстве и направления ИиР весьма разнообразны (рис. 34). Это говорит о том, что данное направление исследований в России является наиболее изученным.

Также как и в селекции, в органическом земледелии биотехнологии занимают главенствующее место в исследованиях ученых. Еще одно направление – это переработка органических отходов. Интенсивный рост отрасли

животноводства обуславливает несомненную актуальность данного направления исследований [48].



Рисунок 34 – Распределение патентов в области органического земледелия

Далее идет направление – технологии восстановления плодородия, что связано с истощением почв и приближением отрасли к своему технологическому пределу урожайности [67, 68]. Еще один крупный блок ИиР – это гуминовые удобрения.

Таким образом, переход к экологически чистому производству продукции растениеводства является одним из основных трендов научно-технологического развития отрасли. Второй, главный тренд – это точное земледелие, и третий – цифровизация, в т.ч. 3D-моделирование урожая и биоинформатика.

Технологическое совершенствование может служить принципиальным ответом на долгосрочные вызовы развития отечественной зерновой отрасли, поэтому при анализе спроса на инновации важно определить характер конкретных вызовов, проецируя глобальную динамику на внутреннюю ситуацию. К наиболее актуальным и распространенным в литературе группам вызовов

относят: экономические, экологические, технологические и социальные (табл. 18). Их сопоставление с условиями развития зернового производства позволит выделить глобальные вызовы и окна возможностей, которые порождаются глобальными трендами [158].

Таблица 18 – Глобальные вызовы, влияющие на развитие зерновой отрасли России [158, 172]

| Вызовы                 | Мир                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Россия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Экономические</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– рост мирового спроса на экологически чистую и органическую зерновую продукцию;</li> <li>– опережение темпов роста численности населения темпов роста мирового валового производства продукции растениеводства;</li> <li>– объемы субсидирования зернового производства в развитых странах подавляют рост АПК развивающихся стран и приводят к искажению цен на сырье на мировых рынках.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– рост спроса на российскую зерновую продукцию со стороны стран ЕАЭС и развивающихся стран;</li> <li>– преобладание в экспорте продукции с низкой добавленной стоимостью;</li> <li>– недостаточное предложение «длинных» денег для сельхозтоваропроизводителей;</li> <li>– неспособность малого и среднего бизнеса внедрять инновации.</li> </ul> |
| <b>Технологические</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– переход на новый технологический уклад;</li> <li>– сокращение посевных площадей зерновых культур в США, Канаде, Китае;</li> <li>– исчерпание потенциала «зеленой революции»;</li> <li>– снижение естественного породного и сортового биоразнообразия в отрасли.</li> </ul>                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>– отставание от развитых стран в процессе перехода на новый технологический уклад (точное земледелие, роботизация, селекция, биологизация);</li> <li>– недостаточное использование в зерновом производстве конкурентоспособных технологических заделов: ИКТ, биотехнологии, энергетика и т.д.).</li> </ul>                                        |
| <b>Ценностные</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– консерватизм фермеров в принятии новых технологий;</li> <li>– неприятие обществом генномодифицированной продукции;</li> <li>– популяризация здорового образа жизни.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>– консерватизм фермеров в принятии новых технологий;</li> <li>– неприятие обществом генномодифицированной продукции;</li> <li>– популяризация здорового образа жизни;</li> <li>– низкая престижность аграрных профессий</li> </ul>                                                                                                                |

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Экологические</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– глобальное потепление климата;</li> <li>– снижение естественного плодородия почв, эрозия;</li> <li>– увеличение частоты экстремальных погодных явлений (наводнения, засуха и т. д.);</li> <li>– рост угрозы биотерроризма;</li> <li>– массовая вырубка лесов.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– эрозия и снижение плодородия почв;</li> <li>– нерациональное использование удобрений и агрохимикатов;</li> <li>– распространение эпифитотий в новые районы из-за потепления климата;</li> <li>– региональная дифференциация агроклиматических условий и соответственно исторически сложившаяся специализация сельхозпроизводства</li> </ul> |
| <b>Политические</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– возрастающая роль региональных интеграционных проектов;</li> <li>– геополитическое соперничество;</li> <li>– протекционизм национальных экономик вместо глобализации.</li> </ul>                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>– введение контрсанкций для США и иных иностранных государств;</li> <li>– эмбарго на импортную продукцию;</li> <li>– наличие действующего запрета на выращивание ГМО.</li> </ul>                                                                                                                                                              |
| <b>Социальные</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– дифференциация доходов;</li> <li>– рост темпов урбанизации;</li> <li>– демографические проблемы: перенаселение в Азии, Африке, Латинской Америке и низкая рождаемость в Европе и Северной Америке.</li> </ul>                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>– стагнация численности населения;</li> <li>– преимущественная занятость сельского населения в несельскохозяйственной деятельности;</li> <li>– дифференциация в уровне и качестве жизни сельского и городского населения.</li> </ul>                                                                                                          |

Основными трендами до 2030 г. в мировом зерновом производстве являются биологизация, генная инженерия, цифровизация зернового производства. Они открывают для России новые «окна возможностей» (рис. 35).

«Окна возможностей», создающие новые возможности для производства и потребления в отрасли, преимущественно «открываются» при смене технологических укладов [172]. Именно в этот период возможен выход из кризисного состояния отрасли на новую волну экономического роста.



Рисунок 35 – «Окна возможностей» для зерновой отрасли России

Переход на новый технологический уклад зернового производства позволит России выйти на новые рынки с высокомаржинальной продукцией и технологиями; привлечь инвестиции в отрасль и повысить ее технологичность; сохранить и пополнить уникальную базу генетических ресурсов; повысить урожайность зерна.

Для обеспечения перехода необходим мощный иницирующий импульс со стороны государства, с помощью которого появляется возможность преодолеть «внутренние барьеры», то есть главные проблемы в отрасли (табл. 19).

Таблица 19 – Внутренние барьеры зернового производства России

| Барьеры                | Описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Экономические</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– высокий уровень импортозависимости в отрасли семеноводства, особенно по кукурузе;</li> <li>– низкий уровень развития материально-технической базы семеноводства и селекции;</li> <li>– консерватизм и неготовность российских сельхозпроизводителей к внедрению инноваций;</li> <li>– большие потери продукции растениеводства на стадиях хранения, переработки, логистики;</li> <li>– недостаточно эффективная государственная поддержка селекции и семеноводства;</li> <li>– диспаритет цен на зерновую продукцию и продукцию промышленности.</li> </ul>                                                                                                             |
| <b>Технологические</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– преобладает экстенсивное развитие отрасли;</li> <li>– недостаточное использование новых методов селекционно-семеноводческих исследований на основе инновационных достижений молекулярной генетики;</li> <li>– недостаточное внесение минеральных и органических удобрений;</li> <li>– устаревшая система мониторинга фитосанитарной ситуации;</li> <li>– слабая инфраструктура для трансфера, продвижения и коммерциализации новых перспективных сортов растений отечественной селекции;</li> <li>– низкий уровень массовой подготовки и переподготовки кадров, владеющих современными знаниями и технологиями в области генетики, селекции и семеноводства</li> </ul> |
| <b>Экологические</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– слабое развитие мелиорации;</li> <li>– угрозы незаконного распространения выращивания ГМО растений в приграничных регионах (с Китаем, Украиной);</li> <li>– недостаточное распространение агротехнологий выращивания биоэнергетических культур.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Социальные</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– непривлекательность сельской инфраструктуры для высококвалифицированных специалистов;</li> <li>– дифференциация качества и уровня жизни сельского и городского населения.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Преодоление вышеперечисленных барьеров внутри российской зерновой отрасли позволит стране выйти на новые рынки технологий и конечных продуктов отрасли растениеводства и закрепиться на них в качестве поставщика конкурентоспособной и высококачественной продукции.

В таблице 20 представлены обобщенные результаты проведенных исследований, необходимые для определения приоритетных направлений научно-технологического развития зернового производства.

Таблица 20 – Глобальные тренды и исследовательские фронты, вызовы и окна возможностей для зернового производства России

| Тренды                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Исследовательские фронты                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Биологизация растениеводства<br>Рост спроса на биотопливо<br>Генетический инжиниринг сельхозкультур<br>Повсеместное распространение точного земледелия<br>Волатильность цен на пшеницу<br>В среднесрочной перспективе в США объем производства кукурузы превысит производство пшеницы<br>Смещение потребительского спроса в сторону риса<br>Рост спроса на органическую продукцию              | Селекция и семеноводство<br>Генетический инжиниринг<br>Геномная селекция<br>Точное земледелие<br>Агро-, биоинформатика<br>3D-моделирование<br>ГИС-технологии<br>Роботизация<br>Агробιοтехнологии<br>Биотопливо<br>Агроэкология<br>Mini-Till, No-Till<br>Комплексная защита растений                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Вызовы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Окна возможностей                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Исчерпание потенциала «зеленой революции»<br>Снижение естественного сортового биоразнообразия<br>Переход отрасли на новый технологический уклад и отставание России в этом процессе<br>Цифровизация АПК<br>Снижение естественного плодородия почв<br>Увеличение частоты экстремальных погодных явлений<br>Рост мирового спроса на продукцию органического земледелия<br>Массовая вырубка лесов | Развитие органического земледелия и экспорт высокомаржинальной органической продукции в страны Европы и Юго-Восточной Азии<br>Привлечение отечественных компаний в наукоемкие звенья цепочек стоимости, модернизация мощностей, цифровизация процессов производства<br>Закрепление страны на новых рынках и рыночных нишах<br>Сохранение и пополнение собственной генетической базы данных растений<br>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 [141]. 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 (202 чел.), которое помогло сформировать перечень приоритетных технологий зернового производства России (табл. 21).

Таблица 21 – Перечень приоритетных направлений 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 микроклонального 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 устойчивые 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.

## **4.2 Сценарии долгосрочного 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, известкование почвы и внесение средств защиты растений).

В зависимости от характера изменения ключевого фактора (рост, без изменений или снижение) можно выделить 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:

«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 помощью происходил последовательный расчет индикаторов. На рис. 36 показана его схема и уравнения регрессии для определения зависимых показателей.

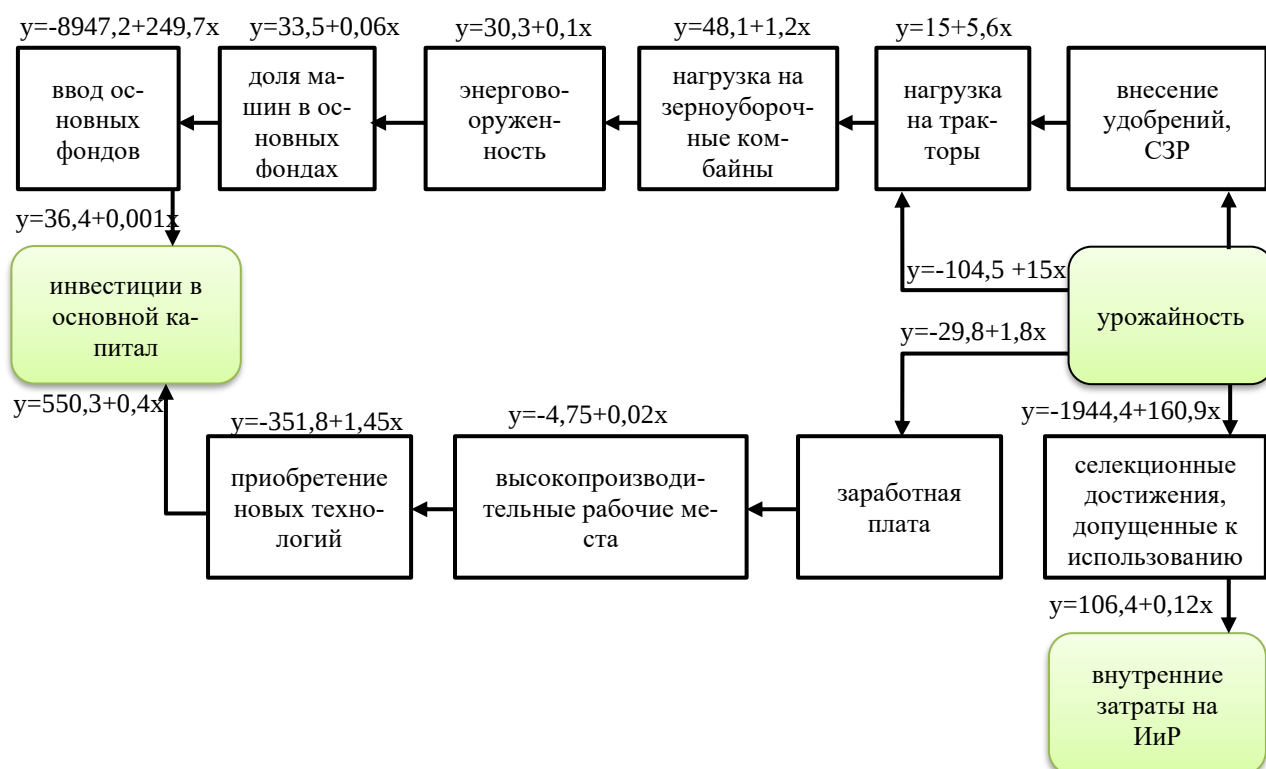


Рисунок 36 – Схема расчета основных сценарных индикаторов

В таблице 22 представлены прогнозные индикаторы для каждого из сценариев. Помимо этого, произойдет изменение валового сбора зерновых культур и его структуры (табл. 23).

Формирование каждого из сценариев происходит на основе различных сценарных условий, которые определяют направления долгосрочного научно-технологического развития зернового производства России (рис. 37).

Таблица 22 – 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       |

Таблица 23 – Прогнозное изменение объема и структуры производства зерновой продукции в 2031 г. в различных сценариях

| Культура                               | 2019 г. |       | Технологический рывок |      | Технологическая адаптация |      | Технологическая деградация |      |
|----------------------------------------|---------|-------|-----------------------|------|---------------------------|------|----------------------------|------|
|                                        | млн т   | %     | млн т                 | %    | млн т                     | %    | млн т                      | %    |
| Зерновые и зернобобовые всего, в т.ч.: | 121,2   | 100,0 | 189,2                 | 100  | 156,1                     | 100  | 124,5                      | 100  |
| пшеница                                | 74,5    | 61,4  | 114,1                 | 60,3 | 95,8                      | 61,4 | 75,2                       | 60,4 |
| кукуруза                               | 14,3    | 11,8  | 30,5                  | 16,1 | 18,4                      | 11,8 | 13,7                       | 11,0 |
| ячмень                                 | 20,5    | 16,9  | 29,5                  | 15,6 | 26,4                      | 16,9 | 18,7                       | 15,0 |
| рожь                                   | 1,4     | 1,2   | 3,4                   | 1,8  | 1,9                       | 1,2  | 1,5                        | 1,2  |
| гречиха                                | 0,8     | 0,7   | 2,1                   | 1,1  | 1,1                       | 0,7  | 1,3                        | 1,0  |
| рис                                    | 1,1     | 0,9   | 2,5                   | 1,3  | 1,4                       | 0,9  | 1,3                        | 1,0  |
| прочее                                 | 8,6     | 7,1   | 7,1                   | 3,8  | 11,1                      | 7,1  | 12,8                       | 10,4 |

### Сценарий «Технологическая адаптация»

#### Условия:

- «догонять, не обгоняя»;
- сохранение существующих тенденций развития отрасли;
- низкие темпы роста урожайности при одновременном росте посевной площади;
- 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 недостаточными для научно-технологического прорыва темпами.

### Сценарий «Технологическая деградация»

#### 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 машинотракторного 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 37 – Условия реализации сценариев научно-технологического развития зернового производства России

Рассмотрим каждый из предложенных сценариев.

Цель сценария «Технологический рывок» заключается в попытке опереться зерновой отрасли на новейшую технологическую базу, соответствующую решениям «завтрашнего» дня, позволяющую производить высокомаржинальную продукцию и выйти на зарубежные рынки. Условия данного сценария заключаются в изменении структуры выращиваемых культур в сторону

увеличения удельного веса кукурузы, импортозамещении семенного материала и технологий и т.д. [159]

Рост производства зерна будет обусловлен как увеличением внутреннего потребления с 80,8 до 100 млн т (в том числе – 60 млн т на фуражные цели), так и за счет повышения внешнего спроса на российское зерно с 45 млн т в 2019 г. до 89 млн т в 2031 г.

Высокая рентабельность производства кукурузы и рост спроса на нее со стороны зарубежных стран приведут к значительному увеличению ее удельного веса в структуре производства зерна с 11,8% в 2019 г. до 16,1%.

Увеличенное производство зерновых будет потребляться преимущественно на внутреннем рынке, покрывая потребности растущего животноводческого комплекса страны. Рост производства животноводческой продукции является основным направлением использования зерна.

Основные задачи сценария «Технологический рывок» заключаются в диверсификации производства зерновой продукции, повышении ресурсоэффективности и обеспечении климатонезависимости отрасли. Сценарий предполагает максимальную реализацию научно-технологического и инновационного потенциала отрасли за счет оптимального сочетания благоприятных внешних и внутренних факторов развития. Для реализации этого сценария необходимо наращивание инвестиций в передовые технологии в сочетании с локализацией отсутствующих в стране новейших технологий и производств.

Основными трендами в рамках сценария станут:

- рост уровня производительности труда и ресурсоэффективности за счет цифровизации производственных процессов, использования современной энергонасыщенной техники;

- генетически модифицированные и принципиально новые (синтетические) сорта и виды растений с широким спектром полезных свойств;

- рост спроса на экологически чистую и органическую продукцию растениеводства.

Конкурентоспособная зерновая продукция должна быть произведена не только благодаря сравнительным национальным преимуществам (наличие уникальных ресурсов, дешевой рабочей силы, широкого природно-климатического разнообразия территории, выгодного географического положения с разветвленной сетью железных дорог, морских портов и международных транспортных коридоров), но и с использованием конкурентных преимуществ, базирующихся на передовых технологиях и достижениях аграрной науки [155].

Ускорится процесс технологического обновления сектора, внедрения высокопродуктивных сортов зерновых культур. Будет создана высокоэффективная система селекции и семеноводства, обеспечивающая хозяйства необходимым количеством семенного материала с требуемыми хозяйственно-биологическими показателями качества. Это увеличит спрос на отечественные семена как внутри страны, так и в странах, пока не являющихся ключевыми импортерами российской продукции. Продолжится наращивание количества научных исследований, направленных на создание и внедрение в производство зерна новых селекционных достижений (+26,1% в 2031 г. к 2019 г.) [172].

Расширение производства в рамках данного сценария будет происходить на инновационной основе, посредством массового внедрения в производство новейших технологий зернового производства. Благодаря опережающим темпам экономического роста уменьшится научно-технологическое отставание отрасли от уровня передовых зарубежных стран, а также снизится зависимость от импортных технологий.

В сельскохозяйственном производстве получат распространение цифровые технологии, точное земледелие, а также ресурсосберегающие машины и оборудование. Органическое земледелие будет осуществляться посредством современных технологий, таких как биостимуляторы роста растений, переработки отходов животноводства в органические удобрения и т.д. В селекции и семеноводстве будут созданы высокопродуктивные, устойчивые к неблагоприятным условиям сорта и гибриды зерновых культур [155].

Повышение конкурентоспособности отечественной продукции произойдет за счет форсированной технологической модернизации. Инвестиции в основной капитал в 2031 г. возрастут не менее чем на 10,6% по отношению к рекордному по инвестициям 2019 г. Потребуется взвешенная государственная политика, направленная на развитие собственного научного потенциала. Приоритетное развитие получают фундаментальные и прикладные исследования. Для этого внутренние затраты на сельскохозяйственные науки должны быть увеличены не менее, чем в 2 раза.

Соотношение государственных и частных расходов на исследования и разработки выравнивается благодаря механизмам льготного налогообложения и кредитования. Частные инвестиции будут преимущественно направляться на платформенные и наукоемкие проекты, а государственные – на создание инфраструктуры их реализации.

Для реализации данного сценария требуется интеграция проблематики АПК в приоритеты Российского научного фонда (новые агротехнологии, развитие промышленной биотехнологии и т. д.) [155, 172].

Основные цели государственной поддержки – это софинансирование стратегически важных научно-технологических проектов в отрасли, улучшение рыночных институтов, подготовка высококвалифицированных специалистов в области информационных технологий для сельского хозяйства, комплексное развитие сельских территорий. Помимо механизмов господдержки из «желтой» корзины ВТО сельскохозяйственным производителям будут предоставляться поддержка из «зеленой» корзины, направленная на улучшение сельской инфраструктуры, научно-исследовательскую работу, повышение квалификации кадров и т.д.

Качество человеческого капитала в рамках сценария играет важнейшую роль в процессе перехода зерновой отрасли на новый технологически уклад. Решающим фактором в освоении новых знаний и технологий, компетенций является человек. Человеческие ресурсы выступают в роли источника инноваций, фактора всестороннего воздействия на науку, технику, технологии,

производство и образование. В свою очередь процесс научно-технологического развития приводит к улучшению количественных и качественных характеристик человеческих ресурсов [51]. Это позволит увеличить среднюю заработную плату в отрасли не менее, чем в 1,5 раза.

Использование современных технологий повышает требования к квалификации труда в сельском хозяйстве, и сокращают занятость в нем, так как для обработки 1000 га зерновых в условиях использования современной техники и технологий достаточно двух высококвалифицированных специалистов. Произойдет увеличение количества высокопроизводительных рабочих мест в отрасли на 41,7% и приобретенных новых технологий – на 76,3%. Помимо повышения профессионализма работников требуется наличие таких качеств, как мотивированность, креативность, инициативность. В рамках данного сценария необходимо масштабное распространение необходимых знаний и умений среди специалистов и работников предприятий АПК и фермеров [172].

Изменится отношение к земле, как основному фактору сельскохозяйственного производства, в части восстановления, окультуривания и эффективного использования залежных земель. Для этого необходимо совершенствование технологий фитомелиорации, агромелиорации и биологизации земледелия. Будут разработаны модели восстановления разнообразности и продуктивности земель, системы генетического конструирования и биоинженерии микробиомов, обеспечивающих мобилизацию трофических ресурсов почвы. Увеличится спрос на услуги по рекультивации техногенно-нарушенных ландшафтов.

Данные мероприятия совместно с созданием новых высокопродуктивных сортов и гибридов сельскохозяйственных растений и использованием высокоинтенсивной техники и технологий точного земледелия позволят увеличить среднюю по стране урожайность зерновых культур к 2031 г. на 48,5%. Для роста урожайности зерна необходимо будет увеличить и объемы внесения минеральных удобрений в 3,5 раза, известкования почв – на 51,3%, а также

использования средств защиты растений (инсектицидов – на 58%, гербицидов – на 26,3%) [155, 172].

Данный сценарий базируется на опережающей модели развития, которая включает в себя ускоренный технологический рост зернового производства в среднесрочной и долгосрочной перспективах, обусловленный качественными изменениями институтов и структуры экономики, в целях опережения стран-лидеров в уровне научно-технологического развития отрасли.

Значительное отставание зерновой отрасли России в процессе перехода к новому технологическому укладу от развитых государств является не столько проблемой, сколько «окном возможности» для страны. Данная модель развития может быть реализована посредством опережения развитых стран на основании использования уже имеющегося у них опыта в научно-технологическом развитии и минования долгосрочного процесса перехода [155].

Помимо присутствия на традиционных экспортных рынках, Россия сможет завоевать и новые рыночные ниши органического зерна. Основными признаками отечественного зернового производства станет экспортная ориентированность, конкурентоспособность и инновационность. Кроме насыщения внутреннего рынка отечественным семенным материалом, будет осуществляться его экспорт, преимущественно в развивающиеся страны.

Россия – экспортер органической продукции, сертифицированной по международным стандартам. Реализация сценария «Технологический рывок» станет основой для ускоренного развития органического земледелия в стране. Будет осуществляться «зеленая» стандартизация и сертификация продукции. Приоритет в госзакупках будет отдаваться органической продукции. Для этого необходима информационно-маркетинговая поддержка и продвижение органической продукции и производителей, в первую очередь, кооперативов органических производителей [155].

Основная задача сценария «Технологическая адаптация» – это ускоренное решение задачи обеспечения импортозамещения, продовольственной и биологической безопасности страны посредством мобилизации возможностей

научно-технического потенциала аграрной науки. Сценарий предполагает менее благоприятные внешние и внутренние условия развития отрасли, при которых все же удастся сохранять положительную количественную и структурную динамику. Россия сохранит завоеванные позиции на мировом рынке зерна. Многие прорывные направления научно-технологического развития могут получить определенное развитие в данном сценарии при дополнительной поддержке [155].

Условия для реализации сценария «Технологическая адаптация» будут заключаться в устойчивой положительной динамике производства большинства зерновых культур, насыщении российского рынка семенами отечественного производства и т.д. Экономический рост будет осуществляться за счет расширения производства зерновых культур преимущественно экстенсивными факторами в сочетании с точечной модернизацией и заимствования зарубежных технологий и техники.

Импортозамещение в селекции и семеноводстве будет происходить за счет традиционных методов (маркер-ориентированная селекция, метод культивирования *in vitro* и т.д.) [172].

Структура валового сбора зерновых культур останется без изменений.

В части государственной поддержки отрасли будут совершенствоваться ее формы и методы при сохранении относительно низких параметров бюджетных расходов на науку, инновации и инвестиции в человеческий капитал. Государство будет основным источником финансирования исследований и разработок в отрасли, а уровень расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в сельском хозяйстве увеличится на 89,4%. В основном будут задействованы механизмы государственной поддержки из «желтой» корзины ВТО, направленные на поддержку доходов сельхозтоваропроизводителей. Произойдет формирование законодательной базы сертификации органической сельскохозяйственной продукции, зарождающейся в настоящее время [172].

Одним из ключевых направлений государственной политики останется стимулирование импортозамещения. В результате потенциальных ограничений экспорта наша страна может утратить недавно завоеванную позицию значимого игрока на международном рынке зерновых. Для снижения рисков необходимо расширить географию поставок и модернизировать инфраструктуру (элеваторы, портовые хранилища и т. д.). В ограниченных объемах из страны могут экспортироваться продукты переработки зерна. В среднесрочной перспективе произойдет решение проблемы нехватки зерновых терминалов. Без активной кооперации с зарубежными партнерами сохранится серьезное отставание в научном обеспечении элитным генетическим материалом [155, 172].

Однако существенным препятствием в процессе освоения современных техники и технологий станет недостаточный уровень развития человеческого капитала, и, в частности, несоответствие качества и структуры кадрового потенциала инновационным потребностям отрасли [155].

В рамках данного сценария наиболее остро будет стоять проблема нехватки новаторов в сельском хозяйстве, тех, кто способен генерировать и реализовывать нововведения, обладает высоким уровнем профессионализма. Их отличительными особенностями станут системное мышление, развитые организаторские способности и наличие знаний в сфере ИТ и биотехнологий.

Недостаточное качество образовательной системы, неэффективная структура занятости, которые не соответствуют современной технологической структуре экономики отрасли, окажут существенное влияние на замедление процесса научно-технологического развития в ней. Среднемесячная заработная плата в отрасли увеличится лишь на 20,8% до 34,1 тыс. руб.

Как уже говорилось выше, расширение производства зерновой продукции будет осуществляться за счет экстенсивных факторов, в т.ч. за счет увеличения посевных площадей (ввода в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных угодий) и роста урожайности культур на 2-3% ежегодно благодаря точечной модернизации техники и оборудования. Для сохранения и

увеличения сельскохозяйственных угодий будут использоваться технологии предотвращения засоления почв, борьбы с опасным уплотнением почв и инвентаризации земли сельхозназначения.

В России будет доминировать модель догоняющего развития – «догонять, не обгоняя», предполагающая импорт технологий, локализацию зарубежных производств в сфере селекции и семеноводства, внедрение в производство заимствованных у развитых стран готовых к использованию инновационных технологий, а также использование современных подходов к биологизации сельского хозяйства стран-лидеров в данной сфере (США, Австралия). Такая экономическая ситуация будет требовать импортозамещения на рынке сельскохозяйственной техники, так как техническая зависимость может перерасти в зависимость технологическую, а неспособность заменить зарубежную технику российскими аналогами в конечном итоге не позволит использовать ресурсосберегающие и высокоинтенсивные технологии в растениеводстве [172].

Органическое земледелие будет развиваться в ограниченных масштабах, как и спрос на нее внутри страны, поэтому реализация продукции осуществляется в основном на зарубежные рынки.

В настоящее время существует проблема недостаточности информации у сельхозтоваропроизводителей, касающейся принципов органического земледелия, которая в рамках данного сценария будет постепенно решаться посредством повышения их информированности и заинтересованности в производстве органической зерновой продукции. Также произойдет увеличение хозяйств, производящих органическую продукцию, соответствующую международным стандартам. Как уже говорилось выше, объем производства органической продукции напрямую коррелирует со спросом на нее со стороны потребителей и их платежеспособностью. Существующий уровень жизни в России сделает рынок органической продукции недоступным для большей части населения из-за высоких цен.

Ландшафтно-органическое земледелие получит распространение преимущественно в черноземной части России (Белгородская, Воронежская области и др.). В других регионах без соответствующей государственной поддержки биологизация земледелия окажется нерентабельной. Будет осуществляться постепенный переход зернового производства на энерго- и ресурсосберегающие технологии ведения зонального земледелия и семеноводства, биоэнергетику и биотехнологии защиты растений от воздействия неблагоприятных факторов [172].

Базисом для научно-технологического развития отрасли в сценарии «Технологическая адаптация» будут постепенное оживление экономики, импортозамещение и дальнейшее развитие традиционных экспортных ниш. Улучшение инвестиционного климата будет связано с эффектами стимулирующей денежно-кредитной и бюджетной политики.

Оба сценария предусматривают изменение подходов к фундаментальной и прикладной науке, аграрному образованию, созданию внедренческой инфраструктуры, государственной политике в сфере селекции и семеноводства, направленной на переход от практики неактивной (пассивной) регистрации селекционных достижений (сортов и гибридов сельскохозяйственных растений) к активному их использованию для развития российского семеноводства; разнообразие моделей и направлений научно-технологического развития и форм государственной поддержки.

Сценарии требуют установления первоочередным приоритетом в научно-технологическом развитии – государственную поддержку фундаментальной науки, а также четкое определение направлений исследований и разработок, которые необходимо поддержать в настоящее время с ориентацией на обязательную реализацию их результатов в конечной товарной продукции зерновой отрасли [172].

Сценарий «Технологическая деградация» является наиболее нежелательным для реализации в долгосрочном развитии зерновой отрасли. С учетом возможного ухудшения природно-климатических условий в России зерновое

производство так и останется сильно зависимым от данного фактора, что обеспечит постоянную волатильность в валовом сборе и, соответственно, нестабильность финансово-экономического состояния. К 2031 г. объем производства зерновых увеличится только на 2,8%, а урожайность – на 5,3%. Недостаточное внесение минеральных удобрений и средств химической мелиорации истощит почву и приведет к ее деградации и выводу из сельскохозяйственного оборота. Из-за кризисного состояния большинства сельхозтоваропроизводителей к 2031 г. сократятся инвестиции в основной капитал на 14,6% по отношению к 2019 г. Обновление машинно-тракторного парка хозяйств замедлится, а рост нагрузки на сельскохозяйственную технику ускорит ее выбытие. Использование морально и физически изношенных машин не позволит преодолеть технологический предел урожайности зерновых культур, увеличатся потери урожая. Преодоление биологического предела также будет невозможным из-за недостаточной эффективности отечественной селекции. Зависимость от импортного семенного материала увеличится, так как его использование обеспечит рост урожайности. Приобретение семян, техники и агрохимии из-за рубежа в случае ослабления национальной валюты существенно повысит себестоимость производства продукции, что может привести к потере Россией лидерства на мировом рынке зерна. Этому будет способствовать и нарастающий тренд использования генной модификации в селекции во многих странах мира, что снижает себестоимость продукции на 30-40%. Рост затрат производства зерновых культур, низкая производительность труда в отрасли не дадут возможностей для роста заработной платы, которая к 2031 г. снизится на 27%.

Россия отстанет от развитых стран мира в процессе, во-первых, перехода к новому технологическому укладу в зерновом производстве, а во-вторых, в его биологизации. Органическое земледелие довольно затратное и в переходный период возможны потери в урожайности зерна. При отсутствии соответствующей поддержки со стороны государства сельхозтоваропроизводители не рискнут перейти на органическое производство. Хотя впоследствии с учетом

использования полного комплекса биологических агротехнологий можно получать большую урожайность, не нанося вред экологии.

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.

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.

#### **4.3 Перспективные для России рынки продукции и технологий в зерновой отрасли**

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.

По мнению автора, 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

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 агробιοтехнологий. 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 агробιοтехнологий составит около \$13,5 млрд. В будущем – этот рынок будет наиболее динамично растущим, в связи с биологизацией зернового производства. Сегмент рынка агробιοтехнологий – биопестициды, увеличился за последние 5 лет в 2 раза. До 2030 г. прогнозируется ежегодный рост этого рынка на 5-10%.

3. Рынок российский элитных семян. Ежегодный рост рынка составит не менее 5%. Зарождение рынка элитных российских семян произошло в 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 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 к 2027 г. составит около \$5 млрд.

6. Рынок «комплексных решений», который включает в себя комплексный продукт 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.

На рис. 38 показано появление вышеназванных рынков и их ориентировочная емкость. Большинство из них в настоящее время только зарождаются, но уже сейчас имеют большой потенциал роста. Рассмотрим какая продукция, технологии или техника будет представлена на каждом из рынков.

Рынок органического зерна. В настоящее время в России работают 44 производителя органических зерновых культур. К основным культурам, которые они выращивают относятся пшеница, полба, ячмень и овес, а также кормовые культуры. Производство преимущественно располагается в Центральном и Западно-Сибирском регионах нашей страны, а также в Краснодарском и Ставропольском краях. Большинство организаций работают на экспорт зерна, так как на внутреннем рынке спроса на него нет. Главный покупатель российского органического зерна – это Европа. На первом месте по европейским запросам органическая пшеница, цены на которую на 100% выше, чем на выращенную традиционным способом. Интерес к российской сертифицированной органической продукции связан с тем, что мировой рынок органической продукции стабильно растет на 5-15% на протяжении последних десяти лет.

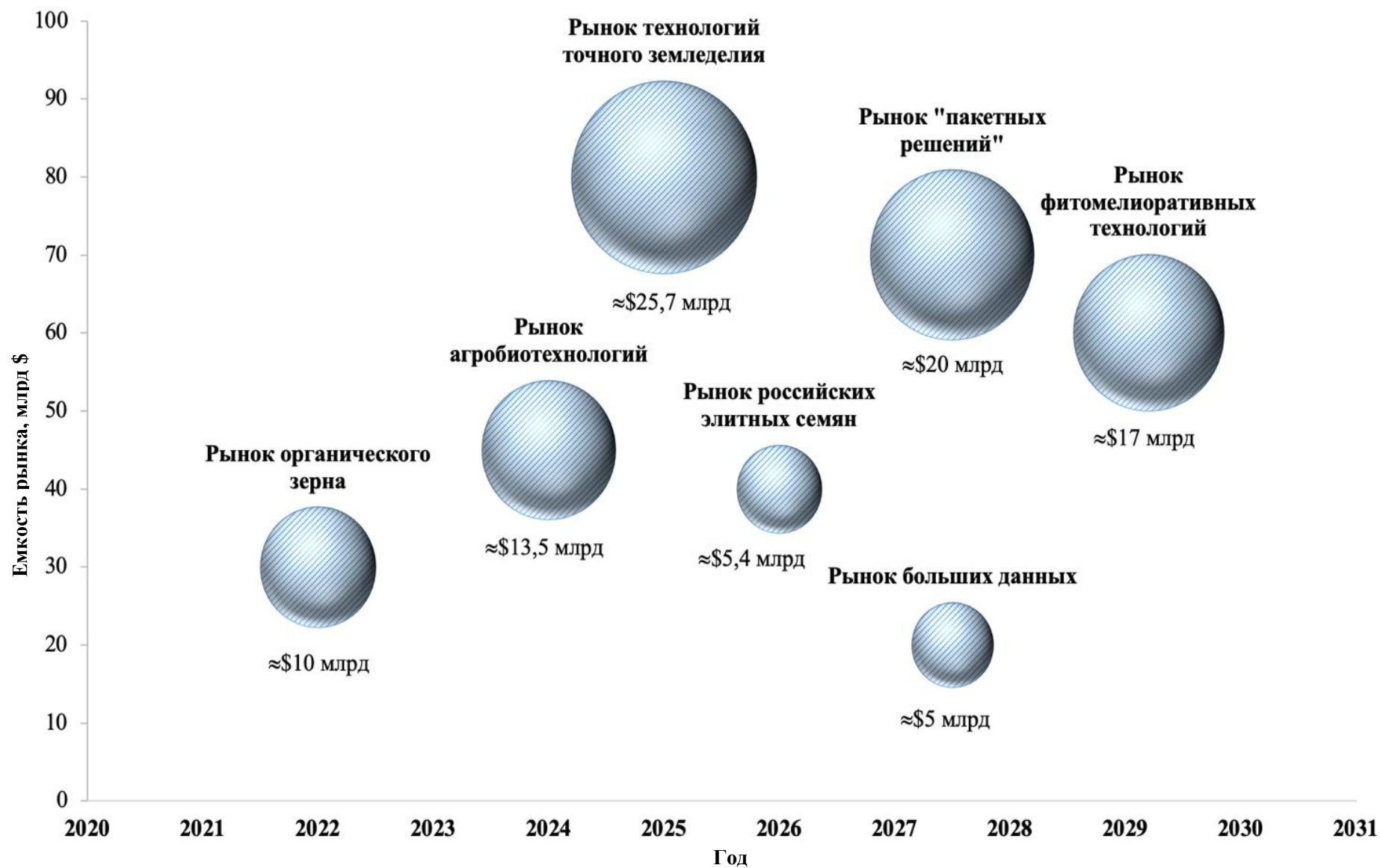


Рисунок 38 – Оценка емкости рынков продукции и технологий зернового производства России и периода их появления

Рынок агrobiотехнологий представлен следующими рыночными нишами:

– биостимуляторы роста растений. Ухудшение природно-климатических условий во многих странах мира, снижение плодородия почв привели к необходимости использования биостимуляторов роста. Биостимуляторы роста – это обширная группа природных и синтетических органических соединений, которые в малых дозах оказывают влияние на обмен веществ растений. Они применяются для изменения жизненных процессов или структуры растений, улучшения качества, облегчения уборки и увеличения урожая, защиты растений от экстремальных условий среды. Посредством таких веществ раскрывается весь потенциал, заложенный в геноме растения;

– биопестициды – микробиологические препараты, произведенные из живых организмов (бактерии, грибы, вирусы и т.д.) и продуктов их жизнедеятельности для защиты растений от вредителей и болезней. Становление этой рыночной ниши связано с развитием органического земледелия. Использование биопестицидов позволяет повысить плодородие почв и производить экологически чистую зерновую продукцию. В России рынок биопестицидов находится на начальном этапе развития. Хозяйства в большинстве своем имеют низкую рентабельность и предпочитают использовать более дешевые и эффективные химические средства защиты. Кроме того, в России отмечается слабый уровень культуры земледелия в целом и осведомленности о современных тенденциях аграрной практики. Проникновение биопестицидов в России составляет менее 1%;

– современные технологии применения органических компостов на основе биологически активных веществ. Одна из главных проблем, стоящих перед современным миром – это увеличивающиеся объемы продуктов жизнедеятельности с.-х. животных. Ее решением могут стать технологии промышленной переработки данных продуктов с целью создания биологических удобрений и биостимуляторов роста растений;

– технологии применения вермикультур. Технология разведения дождевых червей или «вермикультура» – это один из наиболее перспективных методов решения проблемы утилизации органических отходов. Развитию данной технологии способствуют негативные изменения в экологии, вызванные активной деятельностью человека в промышленности и сельском хозяйстве, направленной на быструю интенсификацию производства. Применение вермикультуры с использованием производимого биогумуса для удобрения сельскохозяйственных культур в значительной мере решает проблему утилизации органических остатков, восстановления и улучшения свойств почвы [174].

В настоящее время в России работают 38 организаций, производящих технологии для органического и биологизированного земледелия. 81% из них разрабатывают собственные технологии. Зарубежные технологии используют лишь 3 компании в области производства инновационных органических удобрений.

Распределение организаций в отрасли происходит довольно равномерно. При этом, преимущественно производители в области органического земледелия сосредоточены на производстве биопрепаратов, органических удобрений и инновационных удобрений. Это соответствует мировым тенденциям в отрасли. Чуть менее производителей в области производства биостимуляторов роста растений, биологизации систем земледелия и биологических средств защиты растений (рис. 39).

Таким образом, на рынке агробιοтехнологий в России представлены производители практически по всем ключевым направлениям научно-технологического развития. Однако их распределение по стране осуществлено неравномерно. Кроме того, необходимо увеличение производителей технологии переработки органических отходов, так как интенсивный рост отечественного животноводства может привести к появлению экологических проблем.

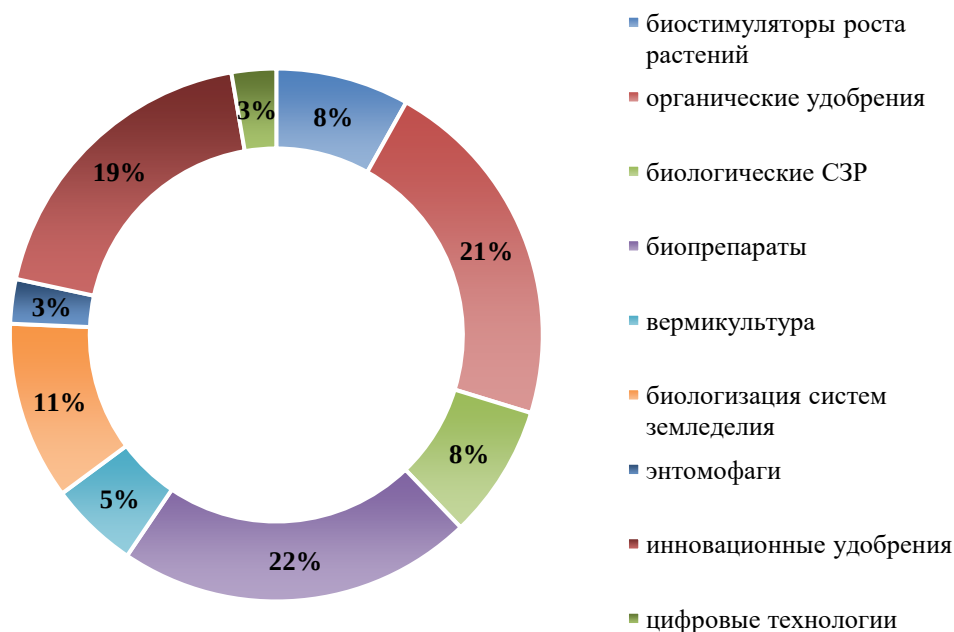
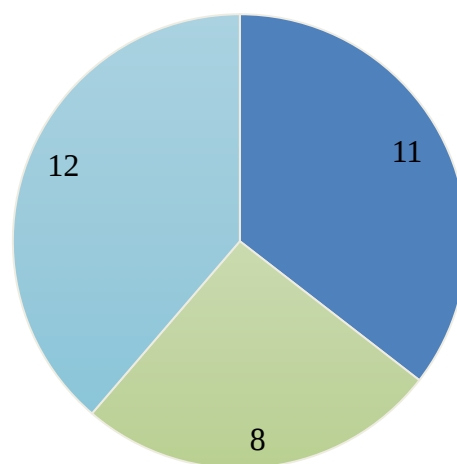


Рисунок 39 – Распределение организаций России в области органического земледелия по ключевым технологическим направлениям

Рынок российский элитных семян. На рынке технологий ускоренной селекции и семеноводства свое развитие получают методы создания высокопродуктивных сортов зерновых культур, недоступных традиционным методам селекции. Будут разрабатываться новые способы управления развитием и адаптивными функциями культур в экологически устойчивых агроценозах проводиться исследования молекулярно-генетических механизмов, обуславливающих хозяйственно-ценные признаки растений (устойчивость к стрессовым факторам, в том числе фитопатогенам, повышение качества урожая), а также идентификация генов. Получат развитие передовые постгеномные и биотехнологические методы в растениеводстве (базы данных генов-носителей ценных сортовых свойств) [172, 174].

Особенность российского рынка технологий селекции состоит в значительном количестве государственных учреждений в общем числе основных селекционных центров (рис. 40). В ходе анализа исследовано 29 селекционных компаний, работающих на российском рынке.



■ частные российские    ■ частные зарубежные    ■ государственные

Рисунок 40 – Распределение селекционных компаний в России по форме собственности

41,4% селекционных компаний на российском рынке – государственные. Преимущественно, это научно-исследовательские институты. 27,6% рынка принадлежит иностранным селекционным компаниям, которые в основном работают с овощными культурами. 31% рынка у отечественных частных компаний, занимающихся селекцией зерновых, зернобобовых и масличных культур.

Анализ направлений работы исследуемых компаний показал, что среди них преобладают классическая селекция и биотехнологии (рис. 41). При чем, классической селекцией преимущественно занимаются отечественные частные компании, а биотехнологиями – государственные научные учреждения.

Остальные направления научно-технологического развития распределены равномерно по организациям – технологии ускоренного семеноводства, маркер-ориентированная селекция, интегрированная селекция, геномная селекция, генная инженерия, клеточные технологии, гаплопродюсеры.

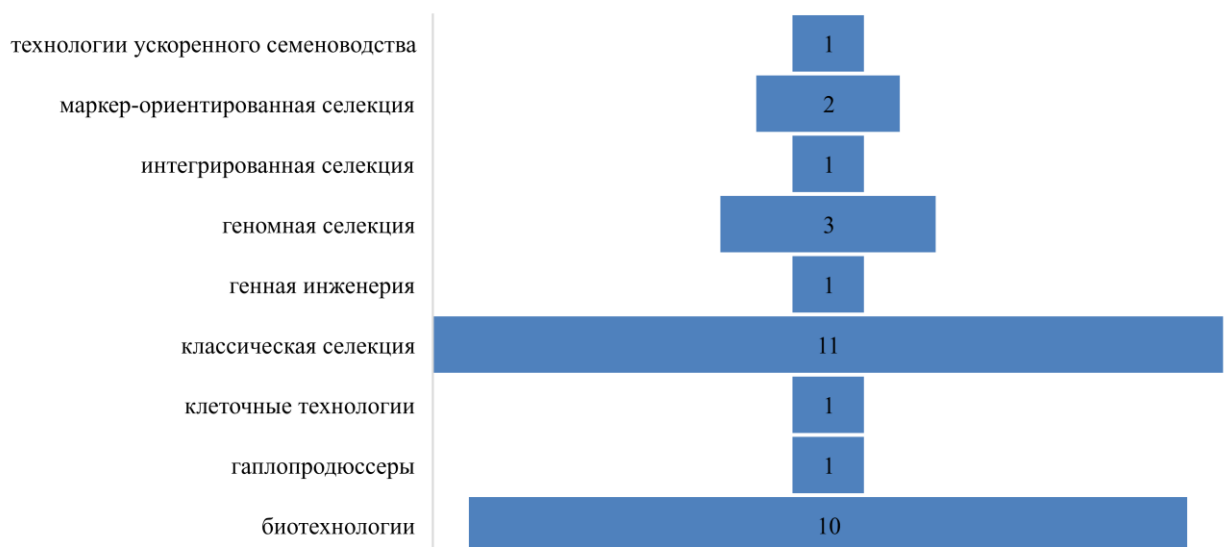


Рисунок 41 – Распределение организаций в сфере селекции и семеноводства в России

Одна из проблем российского рынка технологий селекции заключается в недостатке взаимосвязей между частными компаниями и научными учреждениями. Лишь у четырех компаний из исследуемых имеется научный партнер (табл. 24). При этом они сотрудничают не только с российскими институтами, но и с зарубежными.

Таблица 24 – Научное сотрудничество частных селекционных компаний

| Компания                                      | Технологии                                                          | Научный партнер                                                               |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Кургансемена                                  | Технологии ускоренного размножения, маркер-ориентированная селекция | ведущие НИИСХ России, Украины и Казахстана                                    |
| ООО «Агроплазма»                              | Получение новой генетической плазмы                                 | BASF, ФГБНУ «ВНИИМК им В.С. Пустовойта», Dow AgroSciences                     |
| Гавриш, Россия                                | Классическая селекция                                               | НП «Научно-исследовательский институт овощеводства защищенного грунта»        |
| Инновационно-производственная агрофирма Отбор | Традиционная селекция                                               | ВНИИ кукурузы, Краснодарский НИИСХ, Воронежский филиал ВНИИ кукурузы, ВНИИЗБК |

Таким образом, по приоритетным направлениям научно-технологического развития селекции в России представлено недостаточно компаний. Имеющиеся компании по этим направлениям – в основном зарубежные. Такая

ситуация является угрозой для отечественного сельского хозяйства и продовольственной безопасности России. При этом частным селекционным компаниям необходимо увеличивать связь с научными учреждениями. Такая интеграция позволит создавать высокопродуктивные, районированные и устойчивые сорта сельскохозяйственных культур.

Рынок технологий точного земледелия. К основным технологиям данного рынка можно отнести:

1. Базовые программные модели с приемами автоматизированного проектирования элементов прецизионных систем земледелия на основе принципов биологизации, ресурсосбережения и экологической безопасности.
2. Системы локально дифференцированного внесения удобрений.
3. Беспроводные модели сбора больших массивов данных о состоянии растений в режиме реального времени.

Данный рынок в России находится пока что в зачаточном состоянии, однако здесь есть несколько крупных игроков:

- 1) ООО «Ратеос» и ООО «КСМ-Интех» – технологии параллельного вождения и отслеживания движения сельскохозяйственной техники;
- 2) ООО «ЦТЗ Аэросоюз» – система параллельного вождения с возможностью автоматизированного и дифференцированного внесения удобрений и опрыскивания;
- 3) Ростсельмаш – система дистанционного мониторинга и телеметрии сельхозтехники;
- 4) «Техноком» – система дистанционного мониторинга расходования средств производства;
- 5) ГК «Когнитивные технологии» и Ростсельмаш – беспилотная сельскохозяйственная техника;
- 6) КБ «Аврора Роботикс» – системы автопилотирования в сельском хозяйстве;
- 7) «Геоскан», «Беспилотные технологии», «ГеоСервис» – беспилотные летательные аппараты в сельском хозяйстве.

Рынок больших данных. На данном рынке российские компании практически не представлены, за исключением Rightech и АО «Компонента», которые предоставляют услуги по внедрению специализированного программного обеспечения, способного осуществлять обработку собранных с помощью сенсоров данных. Также российская компания ExactFarming разработала платформу для управления урожайностью и прибыльностью полей с помощью мобильного приложения. Программный продукт Smart4agro от компании Алан ИТ – облачный геоинформационно-аналитический сервис для поддержки принятия управленческих решений в области сельского хозяйства, контроля, анализа и прогноза состояния сельхозугодий.

Рынок «пакетных решений». В настоящее время такого рынка нет, компании реализуют все компоненты по отдельности. Однако, реализация именно «пакетных решений» является перспективной и высокомаржинальной нишей. Такой пакет должен включать в себя:

- 1) элитные семена и сортовые технологии для них;
- 2) в зависимости от способа производства (органическое или традиционное) комплект средств защиты растений, стимуляторов роста и удобрений;
- 3) подключение к платформам для получения данных о сельхозугодиях, растениях и т.д.

Существует 2 способа для реализации «пакетных решений»: их создание на базе агрохолдингов или крупных производителей агрохимии (ФосАгро, УРАЛКАЛИЙ и т.д.), а также через посредников, которые объединили бы производителей всех компонентов «пакетного решения».

Рынок фитомелиоративных технологий. Биологическая мелиорация представляет собой комплекс мероприятий по улучшению условий природной среды с помощью культивирования и поддержания естественных растительных сообществ. К таким мероприятиям относятся создание лесополос, кулисных посадок, посев трав и т.д. Принцип их действия заключается в обогащении почвы органическими веществами (при произрастании на поле в течение 4-5 лет). В результате чего улучшается структура почвы, повышается содержание

гумуса в ней, уменьшается сток и снижаются последствия эрозионных процессов [172, 174].

Частных компаний на данном рынке практически нет, в основном он представлен государственными учреждениями. Главным продуктом рынка является комплекс мероприятий по биологической мелиорации, а также новыми сортами зерновых культур с улучшенными фитомелиоративными свойствами.

Рынок представлен следующими технологиями:

1. Технологии возделывания с.-х. культур с фитомелиоративными звеньями в севообороте.

Технологии селекции растений на улучшение фитомелиоративных свойств

2. Модели восстановления разнообразия и продуктивности земель.

3. Технологии предотвращения засоления почв.

Перспективные рынки продукции и технологий – это последнее, недостающее звено в разрабатываемом в данном диссертационном исследовании 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. 42 представлена структура полученного прогноза научно-технологического развития зернового производства России.

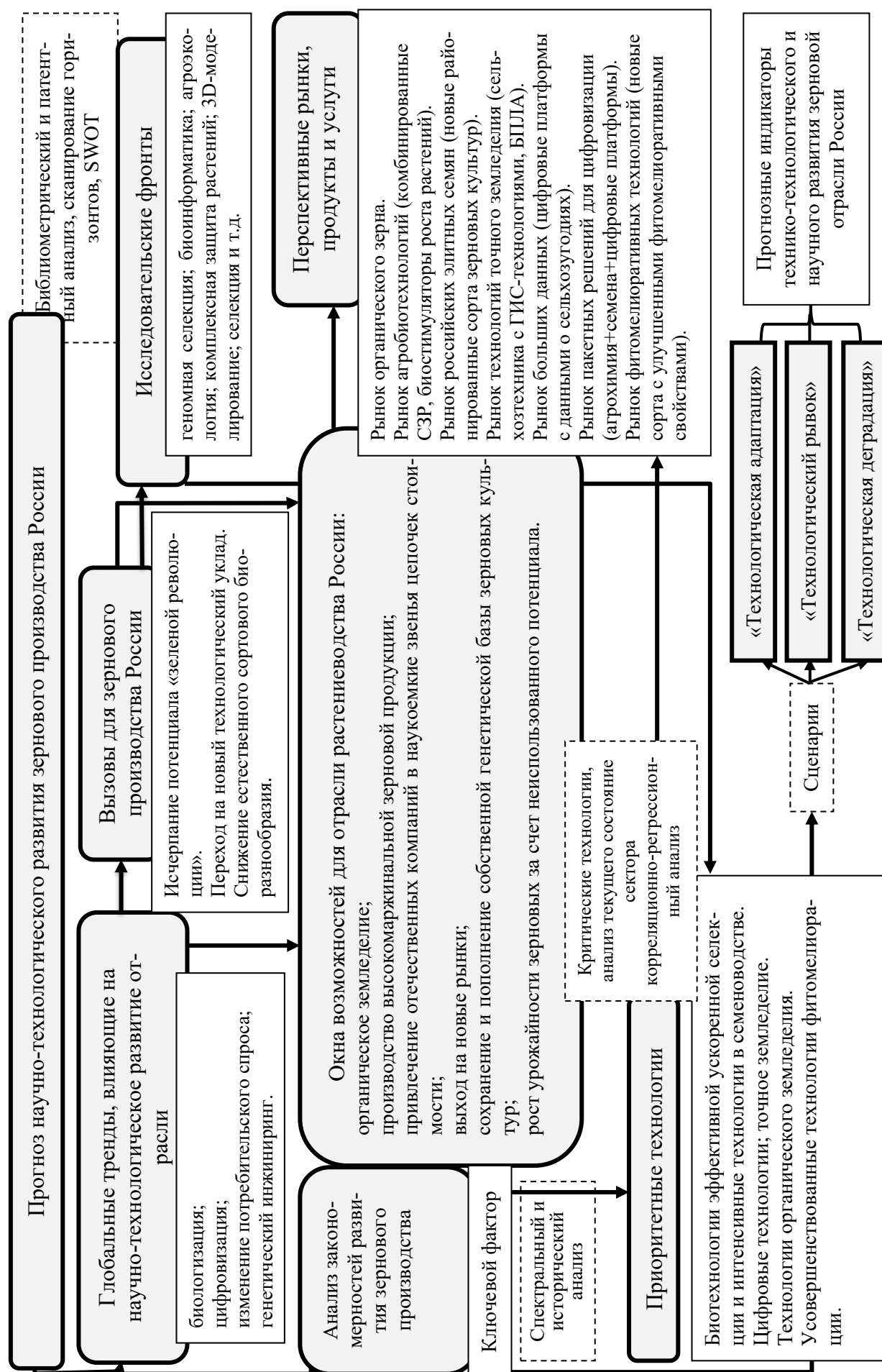


Рисунок 42 – Структура прогноза долгосрочного научно-технологического развития зернового производства России

## **5. МЕХАНИЗМ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДОЛГОСРОЧНОГО НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЗЕРНОВОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ**

### **5.1 Экосистема научно-технологического развития зернового производства России**

Научно-технологическое развитие зернового производства – это сложный процесс, включающий в себя проведение научных исследований и осуществление разработок, создание технологии, ее внедрение в производство и коммерциализацию и т.д. Реализовать это все в одной организации невозможно, поэтому необходимо создание целостной экосистемы взаимосвязанных элементов. К таким элементам относятся: университеты, научно-исследовательские организации, бизнес, институты развития и т.д. Их взаимосвязь позволяет каждому элементу постоянно расти и развиваться [189].

Экосистема научно-технологического развития зернового производства представляет собой комплексную систему взаимодействия государственных институтов, научных и образовательных учреждений, сельхозтоваропроизводителей, специализированных институтов развития (агробiotехнопарки, 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.

Экосистема научно-технологического развития отрасли представляет собой совокупность условий, возможностей и механизмов взаимодействия ключевых участников процесса создания, внедрения и коммерциализации технологий в зерновом производстве. Формирование такой экосистемы

представляется достаточно сложной и комплексной деятельностью, благодаря которой появляются возможности и условия для технологического прорыва в отрасли. Одно из основных преимуществ создания экосистемы – это экономия и целенаправленное использование имеющихся ресурсов, как финансовых, так и человеческих [189].

Эффективное взаимодействие всех элементов экосистемы создает условия для внутренней мотивации на непрерывное саморазвитие в исследовательской деятельности. На рис. 43 представлена структура экосистемы научно-технологического развития зернового производства России.

Научно-исследовательские институты и университеты – главный поставщик технологических разработок для коммерциализации, а также высококвалифицированных кадров. Создание совместных лабораторий, где объединяются усилия лучших умов с талантливой молодежью, позволит проводить исследования и создавать «прорывные» технологии в зерновом производстве. Направления для таких исследований определяются на основе анализа мировых трендов, вызовов и угроз для отрасли.

Преимущество университета заключается в способности воспроизводить человеческий капитал, который обладает компетенциями, необходимыми в отрасли. Высококвалифицированные специалисты, окончившие все уровни образования, привлекают и развивают новый поток перспективной молодежи для работы в университетах, научно-исследовательских институтах и технологических компаниях. Цикличность этого процесса и является основой самопроизводства экосистемы [189].

Бизнес – основной потребитель технологических инноваций и созданных стартапов. Большинство исследований, проводимых в рамках деятельности экосистемы, осуществляется по заказу компаний, которым для выживания в конкурентной среде необходимы постоянные технологические инновации.

Деятельность государственных институтов развития направлена на закрытие «пробелов» в экосистеме в части финансирования НИОКР и законодательного регулирования. С их помощью средства концентрируются на

приоритетных для отрасли «прорывных» направлениях. Также происходит аккумулярование средств в специализированных фондах (РНФ и РФФИ) в рамках деятельности которых осуществляется поддержка фундаментальных и поисковых научных исследований, подготовка научных кадров, развитие научных коллективов [189].

Основными инструментами для управления научно-технологическим развитием зернового производства России являются:

1. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса РФ до 2035 г.
2. Стратегия научно-технологического развития РФ до 2030 г.
3. Стратегия развития агропромышленного комплекса РФ до 2030 г.
4. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса АПК РФ до 2030 г.
5. Федеральная научно-техническая программа на 2017-2025 годы.
6. Национальный проект «Наука и университеты».
7. ФЦП «Научно-техническое обеспечение развития отраслей АПК».
8. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на период до 2025 года.
9. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство».

Таким образом, цель экосистемы научно-технологического развития зернового производства России заключается в гармоничном взаимодействии всех ее элементов посредством различных инструментов, обеспечивающих как управление процессом создания прорывных исследований и разработок, так и их коммерциализацию и внедрение в производство зерновых культур.

Направляющим вектором для функционирования экосистемы является сеть отраслевых центров прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития АПК, которая определяет тематические области перспективных исследований и разработок.



Самоорганизация – это главное свойство экосистемы, которое позволяет ей эффективно функционировать и обеспечивать непрерывный процесс научно-технологического развития зернового производства страны.

Один из способов создания экосистемы научно-технологического развития в сельском хозяйстве на региональном и межрегиональном уровнях – это научно-образовательные центры аграрного профиля (далее АгроНОЦ).

НОЦ аграрного профиля – это консорциум подведомственных организаций Минобрнауки и Минсельхоза совместно с индустриальными партнерами, созданный при поддержке и по инициативе региона. Программа деятельности НОЦ учитывает социально-экономические цели и приоритетные направления научно-технологического развития АПК России и Новосибирской области и направлена на обеспечение продовольственной безопасности нашей страны. Деятельность НОЦ направлена на создание оптимальных условий для полноценного вовлечения региона в научно-технологическое развитие России посредством разработки и коммерциализации прорывных агробιοтехнологий.

Рассмотрим один из таких научно-образовательных центров, созданных в Новосибирской области при участии автора – «Сибирский биотехнологический НОЦ». Агробιοтехнологии – это одно из приоритетных направлений научно-технологического развития зернового производства России.

Деятельность «Сибирского биотехнологического научно-образовательного центра» соответствует приоритетному направлению научно-технологического развития РФ: «Переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработка и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективную переработку сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания» [129].

Цель – повышение конкурентоспособности участников консорциума за счет консолидации интеллектуальных, финансовых, производственных

трудовых ресурсов и реализации интеграционных проектов в аграрном образовании, науке и производстве в сфере агробиотехнологий [189, 207].

Достижение данной цели будет осуществляться за счет организации и проведения фундаментальных и приоритетных прикладных исследований, направленных на разработку конкурентоспособной научно-технической продукции, предназначенной для освоения в сельскохозяйственном производстве [134].

Деятельность НОЦ направлена на решение следующих основных задач:

- развитие фундаментальных и приоритетных прикладных исследований аграрной науки, соответствующих требованиям мирового уровня, повышение их роли в образовании, социально-экономическом развитии агропромышленного производства [128];

- адаптация вузовской подготовки к требованиям современного сельскохозяйственного производства в целях подготовки высококвалифицированных кадров нового формата для АПК;

- создание условий для вовлечения перспективной молодежи в науку;

- обеспечение академической мобильности кадров;

- выполнение совместных исследовательских проектов и научно-технических разработок участниками НОЦ, включая кооперацию агробизнеса с научными и образовательными организациями;

- внедрение технологических инноваций на предприятиях НОЦ за счет обеспечения эффективного взаимодействия органов власти, образования, науки и производства [189, 207].

Работа НОЦ должна базироваться на принципе: «Образование – через науку и передовые технологии».

Новосибирская область обладает развитой научно-образовательной сетью (СО РАН, ФАНО, университеты) и функционирующими объектами инновационной инфраструктуры (Академпарк, Биотехнопарк Кольцово, бизнес-инкубаторы и т.д.). Для Новосибирской области создание научно-

образовательного центра необходимо для наращивания своего интеллектуального потенциала и повышения эффективности коммерциализации инновационных разработок ученых.

«Сибирский биотехнологический НОЦ» выполняет следующие основные функции:

- развитие сотрудничества участников и иных заинтересованных организаций с целью успешной реализации проектов в сфере агробiotехнологий, в том числе координация реализации крупных проектов, выполняемых значительным количеством участников и других организаций;
- систематический сбор, анализ и доведение до участников информации о перспективных научно-технических тенденциях и развитии рынков в области агробiotехнологий;
- содействие формированию кооперативных научно-технических и производственных связей участников и других организаций;
- организация взаимодействия в вопросах продвижения на рынки и продаж продукции;
- подготовка совместных заявок на гранты и конкурсы;
- реализация интеграционных научных проектов, в том числе совместных выигранных грантов, конкурсов;
- доступность научного оборудования участникам в Центрах коллективного пользования в целях проведения исследований;
- целевая подготовка и переподготовка кадров для нужд участников и иных заинтересованных организаций;
- поддержка участников в сфере сертификации и лицензирования, получения иных видов разрешений;
- международная научно-техническая кооперация и внешнеэкономическая деятельность;
- обеспечение при содействии участников размещения в сети Интернет информации о научно-образовательном центре, продукции участников,

планируемых и реализуемых проектах и т.п. [207]

Результатом деятельности АгроНОЦа должны стать:

1. Получение прорывных агробιοтехнологий и их коммерциализация.
2. Подготовка высококвалифицированных кадров для аграрной науки и производства, способных решать самые сложные технологические задачи.

Созданный НОЦ будет соответствовать базовому требованию, предъявляемому к таким структурам: обладание биоресурсными коллекциями и наличие возможности реализации образовательных программ.

Деятельность НОЦ основывается на объединении ресурсного потенциала участников сетевой инфраструктуры. Участниками «Сибирского биотехнологического научно-образовательного центра» являются:

1. Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН (ФИЦ ИЦиГ СО РАН) и Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологии РАН (СФНЦА РАН) – интеллектуальное ядро НОЦ, которое с привлечением других институтов Новосибирского научного центра (Академгородка) обеспечивает научно-техническую основу для инновационных проектов полного цикла.

2. Новосибирский государственный аграрный университет (НГАУ) – образовательное ядро НОЦ, база для формирования и реализации (совместно с другими вузами Новосибирска) образовательных программ по подготовке, переподготовке и повышению квалификации специалистов. НГАУ – это интегрирующее ядро НОЦ.

3. «Якорными» предприятиями НОЦ являются ведущие предприятия, осуществляющие деятельность на российском и международном рынке в сфере агробιοтехнологий. Важнейшими среди них являются: Вектор-Бест, Биовеста, Вектор-БиАльгам, СибБиоФарм, НП «БиоФарм», НПФ «Исследовательский центр». Эти предприятия должны стать базовыми для прохождения научно-производственной практики студентов НГАУ [189, 207].

Научно-исследовательская группа (ФИЦ ИЦиГ СО РАН, СФНЦА РАН) должна решать не только задачи, связанные с вопросами фундаментальной

науки, но и обеспечения предприятий – участников НОЦ, являющихся производственными площадками для реализации научных разработок, постоянным притоком новых агробιοтехнологий.

Сетевое взаимодействие НГАУ с ФИЦ ИЦиГ СО РАН и СФНЦА РАН и создание центров коллективного пользования инфраструктурой (как физической, так и информационной) позволит достигнуть положительных эффектов специализации (когда образовательная программа выигрывает от того, что ее часть реализуется организацией, обладающей относительным преимуществом) и масштаба (за счет концентрации ресурсов и экономии на переменных издержках) [207].

Главным результатом и показателем эффективности функционирования экосистемы АгроНОЦа и ее элементов являются успешно реализованные технологические стартапы. В результате совместных исследований и разработок, проводимых университетами и НИИ создается интеллектуальная собственность, которая при участии венчурного финансирования и государственной поддержки превращается в перспективные стартапы [189].

Инфраструктурными институтами развития» АгроНОЦа являются Академпарк, Биотехнопарк, Центры коллективного пользования, необходимые в качестве технологической и внедренческой составляющей. Для сосредоточения всей исследовательской мощи АПК требуется создание агробιοтехнопарка, деятельность которого направлена на продвижение и коммерческое освоение научных знаний, изобретений, ноу-хау и наукоемких технологий с передачей их в агропромышленный сектор экономики [207].

В свою очередь, сельхозпроизводители могут сделать «заказ на кадры» университетам для получения необходимых им компетенций. Преимущество университета заключается в способности воспроизводить человеческий капитал, который обладает компетенциями, необходимыми АПК. Высококвалифицированные специалисты, окончившие все уровни образования, привлекают и развивают новый поток перспективной молодежи для работы в университетах,

научно-исследовательских институтах и технологических компаниях. Цикличность этого процесса и является основой самопроизводства экосистемы.

Таким образом, создание целостной экосистемы научно-технологического развития АПК в регионе позволит сделать существенный рывок в процессе перехода отрасли на новый технологический уклад и даст возможность отечественным сельхозтоваропроизводителям стать конкурентоспособными на мировых рынках, где основным фактором конкурентоспособности в современных условиях стали технологии [189].

С точки зрения системного подхода, функционирование экосистемы научно-технологического развития зернового производства происходит с помощью механизма, который осуществляет 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. Основу данного элемента составляет 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. 44).

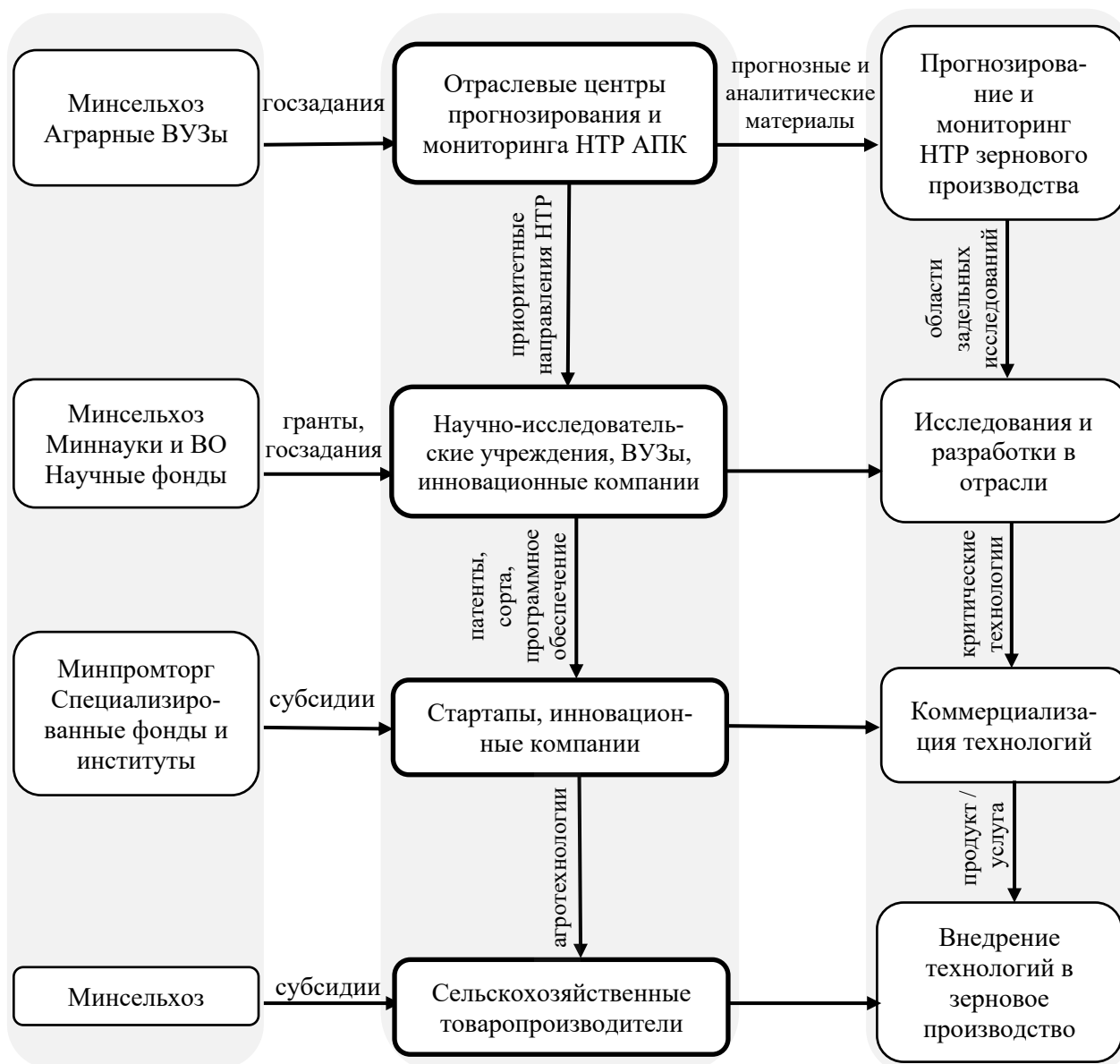


Рисунок 44 – Комплексный механизм научно-технологического развития зернового производства России

Новизна данного механизма заключается в добавлении в него элемента прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития отрасли, позволяющего делать этот процесс целенаправленным. Прогнозные и аналитические исследования сети ОЦП являются направляющим вектором для научных и образовательных учреждений, инновационных компаний в плане определения приоритетных тематических областей исследований и разработок.

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 [142];

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 [142];

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 [142];

4) повышение информированности сельхозтоваропроизводителей об имеющихся агrobiотехнологиях 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.

## **5.2 Механизм прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития зернового производства**

Одна из основных проблем научно-технологического развития зерновой отрасли России заключается в необходимости обеспечения долгосрочных стратегических решений адекватной и достоверной информацией. До настоящего время данная проблема решалась за счет накопленных экспертным сообществом знаний, создания баз данных справочной информации и т.д. Однако увеличивающаяся скорость технологических изменений делает эти информационные ресурсы недостоверными и несоответствующими постоянно изменяющейся действительности. Необходимо систематическое и непрерывное получение информации, касающейся развития науки, техники и технологий в отрасли, позволяющей понимать действительные тенденции настоящего. Ответом на эти вызовы является создание отраслевой системы технологического прогнозирования и планирования, основная цель которой заключается в разработке отраслевого прогноза, приоритетных направлений и критических технологий зернового производства, дорожных карт и мониторинге глобальных трендов в отрасли [82].

В целях решения данной проблемы Министерством сельского хозяйства России в 2016 г. созданы отраслевые центры прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития агропромышленного комплекса (далее ОЦП или Центры прогнозирования) на базе ведущих российских аграрных университетов. Всего создано 7 ОЦП (табл. 25).

Центры прогнозирования являются основными элементами отраслевой системы мониторинга и прогнозирования научно-технологического развития агропромышленного комплекса России и инновационной деятельности в отраслях.

Таблица 25 – Перечень созданных ОЦП

| № п.п. | Направление                                                                                                      | ВУЗ                                      |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1.     | Платформенные биотехнологии для агропромышленного комплекса                                                      | РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева          |
| 2.     | Рыбохозяйственный комплекс, включая промысел, аквакультуру и переработку водных биоресурсов                      | Дагестанский ГАУ имени М.М. Джамбулатова |
| 3.     | Мелиорация и восстановление земельных ресурсов, эффективное и безопасное использование удобрений и агрохимикатов | Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина       |
| 4.     | Растениеводство, включая семеноводство и органическое земледелие                                                 | Новосибирский ГАУ                        |
| 5.     | Переработка сельскохозяйственного сырья в пищевую, кормовую и иную продукцию                                     | Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова      |
| 6.     | Животноводство, включая ветеринарию и племенное дело                                                             | Ставропольский ГАУ                       |
| 7.     | Технологии точного сельского хозяйства, включая автоматизацию и роботизацию                                      | Кубанский ГАУ имени И.Т. Трубилина       |

Преимущество аграрных университетов заключается в возможности взаимодействия с различными сферами АПК – производством, наукой, органами управления АПК. ВУЗ – это центральное звено данной системы. Это позволяет максимизировать возможности для сбора и анализа информации о научно-технологическом развитии отрасли растениеводства, которая поступает от экспертного сообщества. Основная цель созданных центров заключается в синтезе прогностической информации на качественно новом уровне для обеспечения достоверного и обширного понимания поставленных задач. Помимо этого, они оказывают содействие в подготовке информационных, аналитических и прогнозных материалов, направленных на научно-технологическое развитие АПК [158, 174].

Финансирование деятельности центров прогнозирования происходит за счет средств государственного задания Министерства сельского хозяйства

России. Однако это не исключает осуществление самостоятельной консалтинговой деятельности на договорной основе.

Создание и функционирование отраслевого центра прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития АПК включает несколько взаимосвязанных этапов (табл. 26).

Таблица 26 – Этапы создания и функционирования ОЦП

| № п.п. | Этапы                                                          | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Организационный                                                | Разработка методологии, включая регламент работы ОЦП.<br>Картирование стейкхолдеров (определение перечней экспертов и организаций – участников экспертной сети).<br>Обучение ключевых участников.<br>Формирование рабочих групп по сегментам, экспертных панелей.                         |
| 2      | Подготовка к научно-технологическому прогнозированию (Форсайт) | Определение релевантных глобальных и национальных вызовов, трендов и окон возможностей.<br>Ревизия текущих и определение перспективных рынков, продуктов и услуг<br>Выявление приоритетных исследований, разработок, технологий и возможных российских и зарубежных центров превосходства |
| 3      | Проведение научно-технологического Форсайта                    | Определение компетенций, необходимых для выхода на новые рынки и проведения ИиР<br>Определение необходимых инфраструктурных решений<br>Формирование международного консультативного совета по стратегическому прогнозированию направлений научно-технологической деятельности             |
| 4      | Подготовка мероприятий по результатам Форсайта                 | Разработка системы технологических дорожных карт по перспективным областям ИиР<br>Подготовка рекомендаций по корректировке стратегии развития отрасли<br>Подготовка предложений по развитию научной кооперации, включая формирование системы приоритетов международного сотрудничества    |
| 5      | Устойчивое функционирование ОЦП                                | Реализация коммуникационной функции проекта.<br>Разработка системы постоянного мониторинга и актуализации всех прогнозных работ по выбранным сегментам                                                                                                                                    |

В процессе организационной и подготовительной работы центра прогнозирования разрабатываются методические положения по поиску, обработке и анализу материала, связанного с приоритетными исследованиями и разработками в соответствующей области исследований.

В рамках работы отраслевого центра на базе Новосибирского ГАУ затрагиваются три основные сферы:

1) подготовка прогнозных и стратегических документов в области научно-технологического развития отрасли растениеводства, включая семеноводство и органическое земледелие;

2) мониторинг научных разработок и новых технологий в отрасли растениеводства, включая семеноводство и органическое земледелие;

3) экспертная и консалтинговая деятельность в исследуемой области и выполнение работ на основе договоров с заказчиками [158].

Исходя из вышесказанного, можно выделить следующие задачи отраслевого центра прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития АПК (рис. 45).



Рисунок 45 – Задачи отраслевого центра прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития АПК

В перечень основных задач центров входят:

- формирование постоянно действующей коммуникационной площадки для взаимодействия экспертов – представителей научных организаций, вузов, компаний;
- подготовка на регулярной основе прогнозно-аналитических материалов по отдельным направлениям развития науки и технологий и подотраслей АПК;
- обеспечение информационно-аналитической платформы для поддержки принятия решений в области научно-технической политики;
- участие в разработке прогноза научно-технологического развития РФ (в соответствии со 172-ФЗ) и Национальной технологической инициативы (согласно Посланию Президента Федеральному Собранию РФ от 04.12.14);
- формирование экспертного сообщества в отрасли и выявление центров компетенций по отдельным направлениям научно-технологического развития растениеводства;
- регулярный мониторинг инновационных технологий и компаний по приоритетным направлениям научно-технологического развития растениеводства [158, 209].

Для решения вышеперечисленных задач Центром прогнозирования осуществляются функции, представленные на рис. 46.

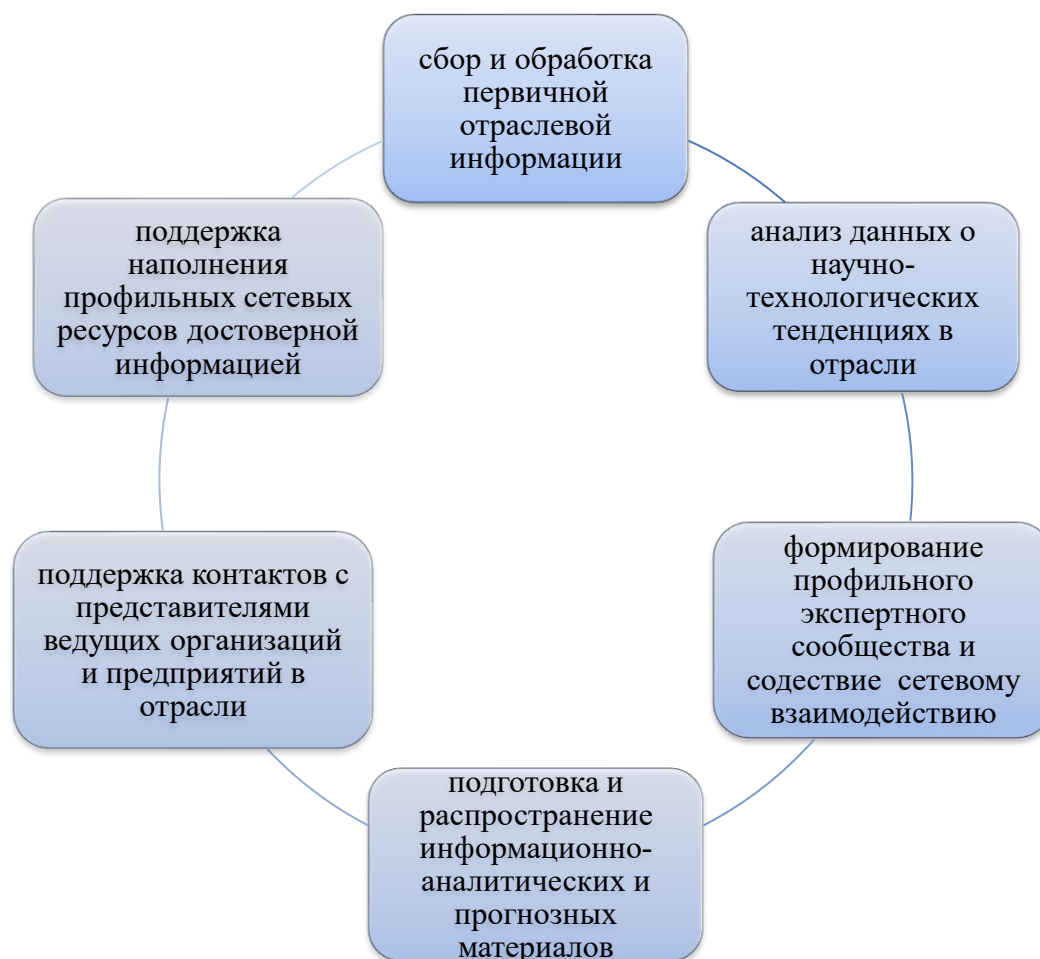


Рисунок 46 – Функции отраслевого центра прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития АПК

Стратегическая цель отраслевых центров прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития в регионах заключается в обеспечении взаимосвязи между наукой, образованием и сельскохозяйственным производством. Рассмотрим основные формы такого взаимодействия.

Во-первых, ОЦП обладают необходимыми компетенциями для создания баз данных перспективных запатентованных разработок в отрасли растениеводства. На основе такой базы данных можно составить каталог технологий, в электронном или бумажном виде, который предоставляется сельхозтоваропроизводителям для ознакомления с перспективными направлениями научно-технологического развития отрасли.

Оценка эффективности этих технологий и их внедрения в сельскохозяйственное производство также может размещаться в данном каталоге, что

повысит информированность сельхозтоваропроизводителей и их заинтересованность в модернизации производства. Каталог перспективных технологий растениеводства необходимо размещать на аграрных выставках и форумах, в министерствах сельского хозяйства региона, консалтинговых центрах, а также в открытом доступе в сети Интернет.

Помимо этого, центром на договорной основе производится работа по более подробной оценке эффективности внедрения в конкретное производство новейших технологий для заинтересованных сельхозтоваропроизводителей. Эта работа происходит в виде составления бизнес-плана. Это позволит ОЦП уйти от финансовой зависимости от министерства и вести самостоятельную деятельность в рамках выполняемого государственного задания.

Во-вторых, нахождение центров прогнозирования на базе аграрных университетов дает возможность концентрации здесь информации о всех проводимых в вузе исследованиях и разработках. Центр прогнозирования является структурой для помощи научным коллективам в получении грантов на финансирование исследований и разработок. Такая помощь реализуется в двух формах:

- 1) определение перспективных направлений исследований и разработок для конкретного научного коллектива в рамках выполняемых ими работ. На основе проведенного мониторинга трендов в отрасли, анализ публикаций российских и зарубежных ученых появляется возможность выявления «зарождающихся» исследовательских фронтов, т.е. тех областей исследований в растениеводстве, семеноводстве или органическом земледелии, которые будут востребованы в будущем;

- 2) поиск научных конкурсов, грантов научных фондов (Российский научный фонд, Российский фонд фундаментальных исследований) и субсидий на финансирование исследований, подготовка заявок и сопровождающих документов. Если поданные заявки на гранты или субсидии поддерживаются, то Центр прогнозирования получает дополнительный доход в форме средств гранта, предоставляемых для компенсации расходов университета на

обеспечение условий реализации научного проекта – 10% от суммы полученного гранта.

Стоит отметить, что ОЦП может подавать заявки в научные фонды не только на проекты для научных коллективов университета, но и на проведение собственных исследований в области прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития АПК.

Целенаправленное научно-технологическое развитие зернового производства возможно при наличии в отрасли структуры, объединяющей и направляющей остальные элементы данной системы. В данном случае такой структурой должна стать отраслевая сеть центров прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития агропромышленного комплекса. Наиболее оптимальный вариант его базирования – это университет [189].

В функционал отраслевых центров прогнозирования входит определение с помощью методов форсайта наиболее перспективных направлений исследований и разработок в сельском хозяйстве, и технологий, которые станут востребованными в средне- и долгосрочной перспективе в отрасли [2]. Результаты данной работы будут необходимы, во-первых, научно-исследовательским учреждениям, для определения своей научно-исследовательской программы на будущее, а во-вторых, бизнесу – для понимания того, в какие технологии и технику надо инвестировать, чтобы быть конкурентоспособными в перспективе.

Еще одно направление деятельности ОЦП является выявление компетенций, необходимых работникам сельского хозяйства в будущем, а также новых специальностей и профессий, которые появятся благодаря внедрению в сельскохозяйственное производство новых технологий и техники. В этом заинтересованы аграрные университеты, на базе которых осуществляется подготовка подавляющего большинства работников отрасли [189].

Изначальная цель ОЦП заключалась в создании отраслевой системы мониторинга и прогнозирования научно-технологического развития АПК и инновационной деятельности в соответствующей профилю ОЦП тематической

области и в содействие в подготовке информационных, аналитических и прогнозных материалов для целей научно-технологического развития АПК РФ [209]. Однако в дальнейшей работе сети ОЦП отсутствовала какая-либо координация со стороны Министерства сельского хозяйства РФ и каждый центр самостоятельно, в отрыве от других выполнял поставленные задачи. В то время как технологический прорыв возможен лишь при скоординированной и целенаправленной деятельности данных структур [31].

В связи с этим, нами предлагается усовершенствовать механизм взаимодействия и работы ОЦП в целях создания базиса для единой научно-технологической политики в зерновой отрасли (рис. 47).



Рисунок 47 – Механизм прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития отрасли растениеводства России

Основное финансирование деятельности сети ОЦП осуществляется за счет государственного задания Министерства сельского хозяйства РФ. Дополнительными источниками финансирования могут стать доходы от грантов, реализуемых совместно с университетами и научными учреждениями, а также предоставление услуг по разработке бизнес-планов внедрения новых технологий для сельхозтоваропроизводителей. В отличие от существующей ситуации, технические задания по госзаданию должны быть едиными для каждого ОЦП.

Таким образом, предлагается расширить функционал ОЦП взаимодействием с:

1. Сельскохозяйственными товаропроизводителями:

1.1. Разработка на заказ бизнес-планов внедрения новых технологий в зерновое производство.

1.2. Создание и презентация каталога инновационных технологий в зерновом производстве.

2. Российской академией наук, в частности, с Центром научного сопровождения стратегического планирования и прогнозирования РАН, основная задача которого заключается в комплексном научном экспертно-аналитическом обеспечении деятельности органов государственной власти. Взаимодействие необходимо для разработки совместных научно-обоснованных прогнозных документов в отрасли.

3. Научно-исследовательскими институтами в области сельскохозяйственных наук в целях содействия в разработке программ научных исследований, отвечающих глобальным вызовам и трендам в отрасли.

4. Аграрными университетами для подготовки рекомендаций по новым образовательным программам, соответствующим направлениям научно-технологического развития отрасли.

5. НИИ и аграрными ВУЗами:

5.1. Разработка рекомендаций по их коллаборации и объединении усилий на общих направлениях научных исследований и разработок. ОЦП

проводят анализ тематических областей научных исследований и университетов, и НИИ, и осуществляет поиск «точек пересечения» для их интеграции.

5.2. Подготовка совместных заявок на грантовые и иные конкурсы по направлениям научно-технологического развития зернового производства.

Реализация предложенного механизма позволит сосредоточить имеющиеся ресурсы (как финансовые, так и материально-технические и человеческий капитал) на наиболее перспективных направлениях исследований и разработок, повысить их эффективность, а также информированность сельхозтоваропроизводителей об инновационных технологиях в отрасли.

Таким образом, рост скорости научно-технического прогресса в зерновой отрасли, сокращение времени на создание, коммерциализацию и внедрение инноваций в сельскохозяйственное производство требует постоянного мониторинга сфер научно-технологического развития отрасли. Необходимо своевременное выявление наиболее перспективных направлений исследований и разработок, которые станут востребованы в зерновом производстве в средне- и долгосрочном периоде. Базовой структурой для выполнения этих задач является отраслевая сеть центров прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития агропромышленного комплекса России.

### **5.3 Таймлайн долгосрочного научно-технологического развития зернового производства России**

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 – уже 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.

На первом этапе построения таймлайна научно-технологического развития зернового производства необходимо выявить наиболее вероятные ключевые события в отрасли с привязкой к временной шкале в виде последовательности их наступления.

Научно-технологическое развитие зерновой отрасли – это объективный процесс, но в тоже время его направления зависят от событий различного характера (политического, экономического, природно-климатического и т.д.), которые способны оказать влияние на отрасль. Наступление таких событий может привести к совершенно различным сценариям дальнейшего развития растениеводства. В связи с этим, одной из задач прогнозирования научно-технологического развития зернового производства является выявление ключевых событий в отрасли и вероятные временные границы их наступления. Ключевые события определялись посредством анализа различных информационно-аналитических докладов, научных статей, нормативно-правовой документации и т.д.

Все вероятные ключевые события разделены нами на 7 групп: политические, экономические, природно-климатические, технологические, экологические, социальные (ценностные), и научно-технологические (рис. 48).

Рассмотрим каждую группу по отдельности:

1) политические, к которым относятся события нормативно-правового, экономического характера, регулирующие зерновую отрасль. Ключевые политические события 2020-2025 гг. – это вступление в силу закона об органическом земледелии, продление продовольственного эмбарго, квотирование экспорта зерновых культур. Все это приведет к усилению протекционизма в отрасли. Наиболее вероятным ключевым событием в 2025-2030 гг. может стать снятие запрета на выращивание генно-модифицированных культур в России;

2) экономические, затрагивающие финансово-экономическую деятельность сельхозтоваропроизводителей, структуру производства в отрасли, демографические процессы. Ключевые экономические события в 2020-2025 гг. – это рост числа городов с численностью от 1 до 5 млн человек, большая часть экономической активности будет сосредоточена вокруг крупных агломераций, снижение численности трудоспособного сельского населения. Начиная с 2025 г. возможно произойдут: ослабление рубля, что станет причиной удорожания импортной продукции, используемой в производстве продукции растениеводства (семена, сельскохозяйственная техника и оборудование, средства защиты растений и удобрения); повышение себестоимости зерновой продукции и снижение ее рентабельности; введение пошлин на экспорт сельскохозяйственных культур. В итоге к 2030 г. в России будет налажено производство продукции более высоких переделов зерна;

3) природно-климатические, которые являются одними из наиболее важных в развитии зерновой отрасли. До 2025 г. возможен рост количества экстремальных погодных условий, которые будут оказывать существенное влияние на урожай. Однако постепенное внедрение технологий точного земледелия и полное соблюдение агротехники позволят к 2025 г. минимизировать такое влияние. Интенсификация зернового производства приведет к росту

выбросов углерода в атмосферу и глобальное потепление, которое и так в России происходит в 2,5 раза быстрее чем в среднем в мире, будет только наращивать свои темпы. К 2030 г. возможно начало процесса сдвига посевных площадей на север нашей страны, так как плодородные земли юга начнут превращаться в пустыню;

4) технологические, к которым относятся события производственного, технико-технологического, инновационного характера. До 2025 г. ключевыми технологическими событиями станут вовлечение в сельскохозяйственных оборот неиспользуемых залежных земель, интенсификация зернового производства и наращивание темпов его технико-технологической модернизации. С 2025 г. рост устойчивости вредителей растений к химическим средствам защиты может привести к потерям урожая сельхозкультур; в некоторых регионах будет достигнут технологический и биологический предел урожайности зерна. Технологии точного земледелия будут использоваться уже в более чем 50% хозяйств. Для обслуживания производства зерновой продукции будет необходимо 1-2 человека, всю остальную работу делают роботы. К 2030 г. будут оцифрованы 100% полей в России и получены более чем 100 тыс. данных о них;

5) экологические – события, которые способны повлечь за собой изменения в окружающей среде. В 2020-2025 гг. ключевыми экологическими событиями рост производства продукции органического земледелия, деградация сельскохозяйственных угодий и рост отходов животноводства. В 2025-2030 гг. – развитие биоэкономики, использование биотоплива; для защиты растений от вредителей и болезней будут преимущественно использоваться интегрированные средства, в которых доля химических веществ будет постепенно снижаться. Часть сельскохозяйственных угодий будет законсервирована с целью проведения там фитомелиоративных мероприятий для восстановления и/или повышения плодородия;

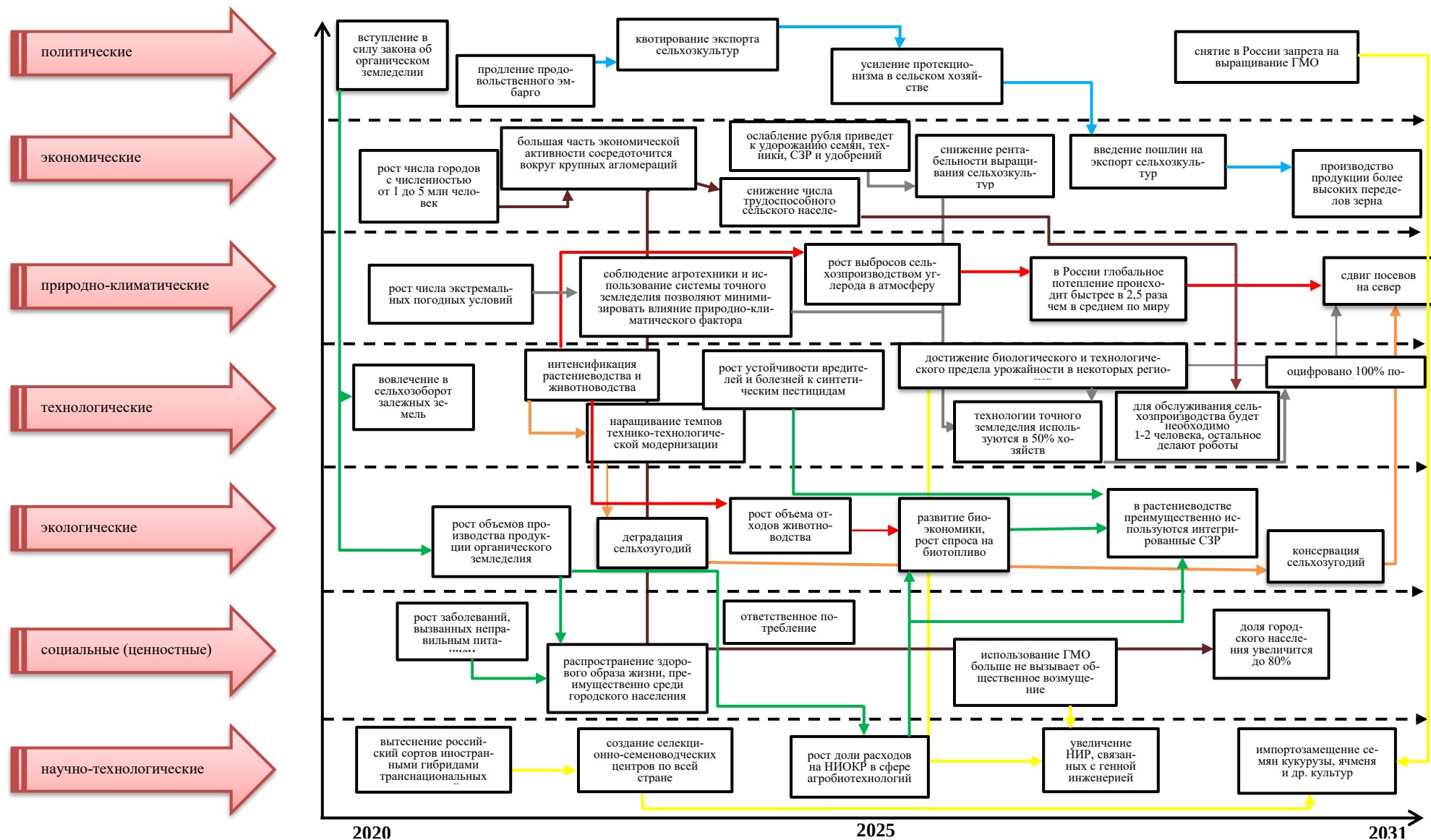


Рисунок 48 – Таймлайн ключевых событий и трендов в научно-технологическом развитии зерновой отрасли России до 2031 года

б) социальные (ценностные) – ключевые события, оказывающие влияние на качество жизни населения. До 2025 г. постепенно будет увеличиваться количество заболеваний, связанных с неправильным питанием, в связи с чем произойдет усиление тренда на здоровый образ жизни и потребление экологически чистой продукции. В основном это будет касаться городского населения. Помимо этого, получит распространение культура ответственного потребления, базирующаяся на рациональном подходе к приобретению товаров, на минимизации вреда окружающей среде и т.д. После 2025 г. с ростом исследований по генной инженерии и получением доказательств о безопасности генно-модифицированной продукции, возможен рост доверия общества к ГМО;

7) научно-технологические – события, связанные с направлениями исследований и разработок, их финансированием и другими вопросами НИОКР в зерновой отрасли. До 2025 г. ключевыми научно-технологическими событиями станут вытеснение с российского рынка отечественных сортов зерновых культур транснациональными компаниями (в частности Monsanto), которые способны предложить засухоустойчивые и высокопродуктивные сорта. В рамках национального проекта «Наука и университеты» будут создаваться селекционно-семеноводческие центры и увеличатся расходы на НИОКР в области агробιοтехнологий (в т.ч. биотехнологии ускоренной селекции). После 2025 г. произойдет рост исследований и разработок в области генной инженерии, что к 2030 г. позволит обеспечить страну отечественными семенами зерновых культур, в частности кукурузы, ячменя и т.д.

Большинство выделенных ключевых событий связаны между собой и образуют цепочки событий, которые предложено называть треками. Таким образом, в научно-технологическом развитии зерновой отрасли можно выделить несколько треков, которые выделены на таймлайне разными цветами.

Зеленый трек «Биологизация растениеводства». Вступление в силу закона об органическом земледелии позволило создать нормативно-правовую базу для этой отрасли, что в свою очередь дает возможность для увеличения объемов производства органической продукции за счет вовлечения в оборот неиспользуемых

залежных земель. До 2030 года планируется вовлечение в сельскохозяйственный оборот не менее 12 млн га [69]. Способствовать развитию органического земледелия будут тренды на здоровый образ жизни, который особо активно будет распространяться в городах и на ответственное потребление [135]. Биотехнологии к 2025 г. будут занимать все большую часть в расходах на НИОКР, как государственных, так и частных компаний. Это даст начало развитию биоэкономики в нашей стране. Рост устойчивости вредителей и болезней к синтетическим пестицидам приведет к необходимости создания новых видов средств защиты растений, в т.ч. на биологической основе. К 2030 г. в зерновом производстве уже будут в основном использоваться интегрированные (комплексные) средства защиты растений. В настоящее время в России только 9% посевной площади зерновых обрабатываются биопестицидами. В связи с увеличением объемов отходов животноводческой деятельности остро станет проблема их переработки. Технологии вермикюльтуры позволят перерабатывать эти отходы в органические удобрения.

Красный трек «Ухудшение экологической обстановки». Интенсификация растениеводства и животноводства приведет, во-первых, к росту выбросов углерода в атмосферу, во-вторых, как уже говорилось к увеличению объема отходов животноводства, а в-третьих, к деградации сельскохозяйственных угодий. Одним из основных последствий ухудшения экологической обстановки в нашей стране — это то, что глобальное потепление в России происходит в 2,5 раза быстрее, чем в среднем по миру. В долгосрочной перспективе этот процесс приведет к сдвигу посевов зерновых культур на север страны. Деградация же сельхозугодий станет одной из причин снижения урожайности зерна, в результате чего возникнет необходимость консервации, части угодий и активного использования технологий мелиорации [24].

Коричневый трек «Урбанизация». Рост числа городов России с численностью от 1 до 5 млн человек и развитие городских агломераций в ближайшем будущем приведет к сосредоточению там наибольшей части экономической активности страны. Одновременно с этим с оттоком сельского населения в город

произойдет существенное снижение численности трудоспособного сельского населения (до 40%) к 2030 г. по сравнению с 2019 г. Нехватка рабочей силы, преимущественно в больших хозяйствах, будет компенсироваться использованием в производственном процессе автоматизированных и роботизированных технологий [66]. К 2030 г. для обслуживания среднего по размерам сельхозпроизводства необходимо будет 1-2 человека. Остальную работу будут выполнять роботы.

Голубой трек «Усиление протекционизма». Усиление политики протекционизма в нашей стране, введение экспортных пошлин и квотирование экспорта приведут к снижению рентабельности производства зерна (мировые цены на него выше, чем внутри страны и внутренний спрос полностью удовлетворен) [15, 64]. Однако, все эти меры могут стать одной из причин развития отрасли глубокой переработки зерна (аминокислоты, витамины, биоэтанол), которая в настоящее время находится в «зачаточном» состоянии. Запуск новых перерабатывающих производств обеспечит высокий платежеспособный спрос на излишек зерновых культур, который останется из-за экспортных ограничений. Параллельное развитие биотехнологической отрасли (производство биопластика и биотоплива) в России также повысит спрос на отечественное зерно, что позволит и дальше наращивать его объемы.

Оранжевый трек «Технико-технологическое перевооружение». Ввод в сельскохозяйственный оборот дополнительных угодий и интенсификация зернового производства требуют его технико-технологического перевооружения, что конечно же приведет к росту валового сбора культур. Однако, интенсификация без использования научно-обоснованных технологий растениеводства может привести к деградации сельхозугодий. В настоящее время деградация в России происходит со скоростью 1,5-2 млн га ежегодно [24, 26]. Непродуманная интенсификация отрасли может привести к ее увеличению. Для восстановления плодородия угодий возможно потребуются их консервация с использованием технологий фитомелиорации, известкования почв и т.д. В результате, при одновременном изменении климата, произойдет сдвиг посевных площадей на север России.

Желтый трек «Селекция». В настоящее время наблюдается процесс вытеснения российских сортов сельхозкультур иностранными гибридами транснациональных компаний. При этом, на мировом рынке появляется все большее количество генно-модифицированных семян, использование которых снижает себестоимость культур на 20-30% [74, 79]. Это может привести к усилению конкуренции на рынке зерна, в результате чего российская продукция станет неконкурентоспособной. Решением данной проблемы является снятие запрета на выращивание ГМО-культур в России и увеличению научно-исследовательских работ в области генной инженерии. Последнему будет способствовать развитие биотехнологий в зерновом производстве.

Необходимость развития генной инженерии в растениеводстве также будет обусловлена достижением биологического предела зерновых культур в некоторых регионах России. Его преодоление возможно лишь с помощью новых районированных и засухоустойчивых сортов. Создание и дальнейшее развитие селекционно-семеноводческих центров в рамках нацпроекта «Наука и университеты» позволит создать базис для «возрождения» отечественной селекции и использования в производственном процессе российских семян. Цель этого состоит в импортозамещении семян кукурузы, ячменя до 75% (согласно Доктрине продовольственной безопасности России).

Серый трек «Цифровизация». Конкурентоспособность российского зерна на мировом рынке в большей степени зависит от его себестоимости. Возможное ослабление рубля может привести к удорожанию семян, техники, агрохимии – того, что импортируется российскими сельхозпроизводителями, и соответственно, к росту себестоимости.

Одним из решений данной проблемы является использование технологий точного земледелия в производственном процессе, цель которых значительная экономия ресурсов (до 40% удобрений, 10% семян) [7, 14]. Комплексное внедрение технологий точного земледелия позволяет сэкономить от 10 до 50% затрат). Помимо этого, повышение урожайности зерновых культур составит от 10 до 15%. Как показывают исследования, полное соблюдение агротехники и

использование системы точного земледелия позволяют также минимизировать влияние природно-климатического фактора [32].

Развитию точного земледелия будет способствовать и достижение технологического предела в урожайности культур, при котором имеющаяся техника будет неспособна увеличивать сбор урожая с одного гектара. К 2027 г. элементы точного земледелия будут использоваться до 50% хозяйств России. Для дальнейшего его развития необходима оцифровка всех полей, что планируется сделать в рамках ведомственной целевой программы «Цифровое сельское хозяйство» к 2030 г.

Далее отобраны наиболее значимые ключевые события, которые образовали 5 главных трека научно-технологического развития зернового производства России: внедрение ресурсосберегающих техники и технологий, цифровизация и биологизация зернового производства, агроэкология, развитие селекции.

Рассмотрим примеры визуализации каждого из определенных нами треков научно-технологического развития отрасли растениеводства в данной дорожной карте (рис. 49).

Биологизация зернового производства. Наиболее значимые ключевые события – это вступление в силу закона об органическом земледелии и рост устойчивости болезней и вредителей растений к синтетическим средствам защиты растений. Приоритетные технологии: технологии органического и биологизированного земледелия (алгоритмы создания биотехнологических продуктов для земледелия и растениеводства; системы генетического конструирования и биоинженерии микробиомов, обеспечивающих мобилизацию трофических ресурсов почвы; микробиологические средства защиты растений от болезней и вредителей, бактериальных удобрений и регуляторов роста растений; технология адаптивно-ландшафтной системы земледелия; энергосберегающие технологии земледелия: Strip-till и No-Till.

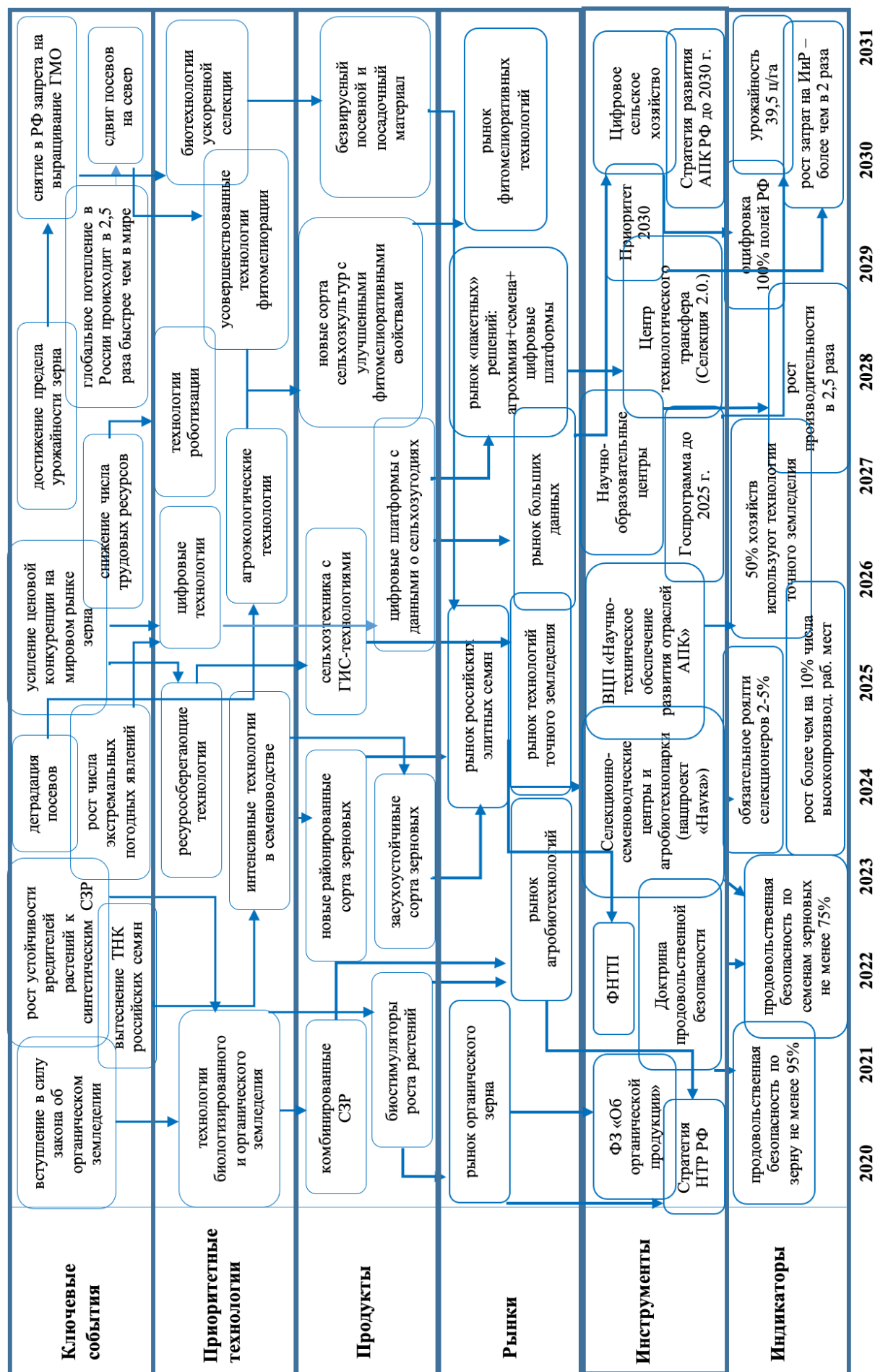


Рисунок 49 – Таймлайн научно-технологического развития зернового производства России до 2031 г.

Продукты, с которыми Россия может выйти на мировые рынки – это комбинированные средства защиты растений и биостимуляторы роста растений (рынок агробιοтехнологий), и органическое зерно (рынок органической продукции). Главными инструментами реализации данного трека станут Федеральный закон об органической продукции и Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации.

Для развития органического земледелия в России необходимо ввести в оборот до 2030 г. дополнительно до 12 млн га залежных земель, а количество хозяйств, занимающихся выращиванием органической продукции должно возрасти до 1000 ед. Это позволит нашей стране занять 3-5% мирового рынка органической продукции [48, 57, 58].

Агроэкология. Ключевые события: деградация сельскохозяйственных угодий, глобальное потепление в нашей стране происходит в 2,5 раза быстрее, чем в среднем по миру и сдвиг посевов на север. Приоритетные технологии – это агроэкологические технологии и усовершенствованные технологии фитомелиорации (технологии использования вермикультуры; модели восстановления разнообразия и продуктивности земель; технологии возделывания сельскохозяйственных культур с фитомелиоративными звеньями в севообороте; технологии селекции растений на улучшение фитомелиоративных свойств; технологии предотвращения засоления почв; технологии восстановления засоленных почв).

Наиболее перспективные продукты – это новые сорта сельскохозяйственных культур с улучшенными фитомелиоративными свойствами, которые позволят выйти на рынок этих культур. Специальных инструментов развития данного направления нет, а косвенно оно затронуто в Стратегии развития агропромышленного комплекса России до 2030 года.

Развитие селекции. Ключевыми событиями по данному направлению станут: вытеснение транснациональными компаниями с российского рынка отечественных сортов и семян, достижение биологического предела урожайности некоторых культур, возможное снятие в РФ запрета на выращивание

генно-модифицированных растений. Приоритетные технологии: интенсивные технологии в семеноводстве и биотехнологии ускоренной селекции (маркер-ориентированная селекция, геномная селекция; ускоренные технологии микрклонального размножения растений за счёт экологически приемлемых регуляторов роста; 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 (каллусная культура; культура клеток и агрегатов клеток; культура протопластов); технологии генной инженерии – создание новых форм растений, получение трансгенных сортов, устойчивых к гербицидам, болезням; технологии получения искусственных семян; зональные технологии первичного и промышленного семеноводства, ускоренное размножение новых сортов и гибридов).

Продукты – это новые районированные и засухоустойчивые сорта культур, безвирусный посевной и посадочный материал. К рынкам, на которые можно выйти с этой продукцией – это рынок российских элитных семян и рынок высокопродуктивных и засухоустойчивых сортов культур. Инструменты реализации: Федеральная научно-техническая программа, Стратегия развития агропромышленного комплекса России до 2030 года, нацпроект «Наука» (создание селекционно-семеноводческих центров и агробиотехнопарков), Доктрина продовольственной безопасности РФ и Центр технологического трансфера (проект «Селекция 2.0»). Целевые индикаторы – увеличение роялти селекционеров до 2%, создание 35 селекционно-семеноводческих центров, продовольственная безопасность по семенам основных культур – не менее 75% [63, 78].

Внедрение ресурсосберегающих техники и технологий. Ключевые события – интенсификация зернового производства и достижение технологического предела урожайности зерна. Приоритетные технологии – ресурсосберегающие технологии, технологии роботизации (базовые программные модели с приемами автоматизированного проектирования элементов прецизионных

систем земледелия на основе принципов биологизации, ресурсосбережения и экологической безопасности; автоматизация агротехники – роботы, GPS-навигация, телематика, точный высеv 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 uгодий).

Продукты – сельскохозяйственная техника с ГИС-технологиями. Рынки – рынок точного земледелия. Инструментами развития этого направления являются Стратегия развития агропромышленного комплекса России до 2030 года, научно-образовательный центр «Агротехнологии будущего», Программа фундаментальных научных исследований на 2021-2030 гг. Результаты – использование технологий точного земледелия не менее чем в 50% хозяйств России к 2025 г. и повышение производительности труда в отрасли в 2,5 раза к 2030 г.

Цифровизация зернового производства. Ключевые события – усиление ценовой конкуренции на мировом рынке зерна (требует от российских сельхозтоваропроизводителей оптимизации производства и снижения себестоимости производства. Цифровизация технологических процессов позволяет снизить до 40% себестоимости единицы продукции), рост числа экстремальных погодных явлений, снижение численности трудовых ресурсов в сельском хозяйстве [37, 49]. Приоритетные технологии – цифровые технологии (цифровые системы для сбора, анализа и обработки больших массивов данных о состоянии почв и сельскохозяйственных растений).

Продукты – цифровые платформы с данными о сельскохозяйственных uгодьях. Рынки – рынок больших данных и рынок пакетных решений (агрохимия+семена+цифровые платформы). Инструментами развития этого направления являются Ведомственная целевая программа «Цифровое сельское хозяйство», научно-образовательный центр «Агротехнологии будущего», Программа фундаментальных научных исследований на 2021-2030 гг. Результаты

цифровизации отрасли растениеводства – это оцифровка 100% полей к 2030 г., получение до 100 тыс. данных о них, перевод всей системы государственной поддержки отрасли в онлайн-режим.

Оценка стоимости реализации этих направлений показала, что наибольшего финансирования требует цифровизация зернового производства (табл. 27).

Таблица 27 – Оценка стоимости реализации приоритетных направлений научно-технологического развития зернового производства России, 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.

Таким образом, главная цель механизма реализации прогноза научно-технологического развития зернового производства России заключается в переводе отрасли в новое качественное состояние – новый технологический уклад. Визуализации такого перехода в виде таймлайна позволила выделить пять основных направлений научно-технологического развития отрасли: биологизация и цифровизация зернового производства, внедрение ресурсосберегающих технологий, агроэкология и развитие селекции.

## 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 сочетании 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 угодий и энергообеспеченность, отрицательное – инвестиции в основной капитал. На производительность труда наибольшее положительное влияние оказывают приобретение новых технологий, высокопроизводительные рабочие места, а также нагрузка угодий на сельхозтехнику. Наиболее значимые факторы для урожайности зерна – это минеральные удобрения, селекционные достижения и внесение 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 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.

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 сценария 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, агробιοтехнологий, 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 тайм-лайна. 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 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 агробiotехнологии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ansoff I. (1965) Corporate Strategy. New York: McGraw-Hill.
2. Beveridge W.H. Wheat Prices and Rainfall in Western Europe // Journal of the Royal Statistical Society. – 1922. – №85/3.– P. 412-475.
3. Cagnin C. Future-oriented technology analysis: Its potential to address disruptive transformations / C. Cagnin, A. Havas, O. Saritas // Technological Forecasting and Social Change. – 2013. – Vol. 80. – № 3. – P. 379-385.
4. Choi C. Monitoring the organic structure of technology based on the patent development paths / C. Choi, Y. Park // Technological Forecasting and Social Change. – 2009. – Vol.76. – №6. – P. 754-768.
5. Chrysomilides G.S. Technology Cycles in Agricultural Productivity in Canada // The American Economist. – 1985. – Vol. 29. – №1. – P. 32-40.
6. Crop production Russia 2020: Топ стратегических трендов растениеводства (часть 2). [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://glavagronom.ru/articles/crop-production-russia-2020-top-strategicheskikh-trendov-rastenievodstva-chast-2?utm\\_source=glavagronom&utm\\_medium=telegram](https://glavagronom.ru/articles/crop-production-russia-2020-top-strategicheskikh-trendov-rastenievodstva-chast-2?utm_source=glavagronom&utm_medium=telegram) (дата обращения 24.12.2020).
7. Emerging technologies for sustainable irrigation: Selected papers from the 2015 ASABE and IA irrigation symposium / F.R. Lamm, K.C. Stone, M.D. Dukes, [et all] // Transactions of the ASABE. – Is. 1. – 2016. – P. 155-161.
8. Emmi L. New trends in robotics for agriculture: Integration and assessment of a real fleet of robots / L. Emmi, M. Gonzalez-De-Soto, G. Pajares, P. Gonzalez-De-Santos // The Scientific World Journal. – 2014. – 21 p.
9. Gibson E. Technology foresight: a bibliometric analysis to identify leading and emerging methods / E. Gibson, Daim T., Garces E. etc. // Foresight and STI Governance. – Vol. 12. – №1. – 2018. – P. 6-24.

10. Gibson E., Daim T., Garces E., Dabic M. Technology Foresight: A Bibliometric Analysis to Identify Leading and Emerging Methods / E. Gibson, T. Daim, E. Garces, M. Dabic // Foresight and STI Governance. – Vol. 12. – №1. – P. 6-24.
11. Jevons W.S. On the Study of Periodic Commercial Fluctuations, with five Diagrams // Read before the Economic Science and Statistics Section of the British Association at Cambridge. Cambridge, 1862. 157 p.
12. Kuznets S. Cyclical Fluctuations: Retail and Wholesale Trade, United States, 1919-1925. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://dspace.univer.kharkov.ua/bitstream/123456789/4554/2/Prefatory%20note.pdf> (дата обращения 12.12.2020).
13. Liao Y. Past, present and future of industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal // Y. Liao, F. Deschamps, E.D.F.R. Loures, L.F.P. Ramos / Int J Prod Res. – 2017. – Vol. 55 (12). – P. 3609-3629.
14. Linstone H.A. Three eras of technology foresight // Technovation. 2017. – Vol. 31. – № 2–3. – P. 69-76.
15. Lucas R. On the mechanics of economic development Journal of Monetary Economics. – 1988. – Vol. 22. – P. 3-42.
16. Maynard A.D. Navigating the fourth industrial revolution // Nat Nanotechnol. – 2015. – Vol.10 (12). – P. 1005-1006.
17. McDowall W. Forecasts, scenarios, visions, backcasts and roadmaps to the hydrogen economy: A review of the hydrogen futures literature / W. McDowall, M. Eames // Energy Policy. 2006. – Vol. 34. – P. 1236-1250.
18. Minghui Z. Research on Technology Foresight Method Based on Intelligent Convergence in Open Network Environment / Z. Minghui, Z. Lingling, Z. Libin // International Conference on Computational Science, 2018. P. 737-747.
19. 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.

20. 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. Kapustyanichik // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 421. – P. 32032.
21. 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. Kapustyanichik, I.N. Ryumkina, S.V. Ruymkin // Data in Brief. – Vol. 29. – 105077.
22. 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.
23. 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. – Т. 39. – №19. – P. 37-57.
24. Precision Farming Market Worth \$10.23 Billion By 2025 | CAGR: 14.2% [Электронный ресурс] // Grand View Research. Режим доступа: <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-precision-farming-market> (дата обращения: 06.08.2017).
25. Research and Markets [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.researchandmarkets.com/info/about.asp> (дата обращения: 21.08.2017).
26. Romer P.M. Increasing Returns and Long-Run Growth // The Journal of Political Economy. – 1986. – № 10. – Pp. 1002-1037.
27. Solow R.M. Technical Change and the Aggregate Production Function // The Review of Economics and Statistics – 1957. – vol. 39, № 3. – P. 312-320.
28. Абалкин Л.И. Планомерное развитие и пропорции мирового социалистического хозяйства. — М., 1965. 138 с.

29. Агроэкспорт 2030. Тенденции и перспективы // Агровестник. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/agroeksport-2030-tendentsii-i-perspektivy.html> (дата обращения 16.02.2020).

30. Аксянова А.В. Производственные функции в анализе динамики макроэкономических показателей развития региональных экономических систем / А.В. Аксянова // Экономика и управление. – 2009. – №10(59). – С. 153-156.

31. Алтухов А.И. Экономические проблемы инновационного развития зернопродуктового подкомплекса России / соавт. В.И. Нечаев. – М.: Изд-во Насирддинова В.В., 2015. – 476 с.

32. Анчишкин А.И. Методология прогнозирования народного хозяйства / А.И. Анчишкин // Вопросы экономики. – 1980. – №1. – С. 5-9.

33. АПК будущего. Взгляд на сельское хозяйство сквозь призму анализа больших данных. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/31304-apk-budushchego/> (дата обращения 8.08.2020).

34. АПК России может привлечь 7 трлн рублей к 2030 году за счет роста добавленной стоимости. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://futurerussia.gov.ru/nacionalnye-proekty/apk-rossii-mozet-privlec-7-trln-rublej-k-2030-godu-za-scet-rosta-dobavlennoj-stoimosti> (дата обращения 5.09.2020).

35. Атлас новых профессий / Агентство стратегических инициатив [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://atlas100.ru/catalog/selskoe-khozyaystvo/> (дата обращения: 08.01.2019).

36. Беленков А.И. Точное (координатное) земледелие в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева: реальность и перспективы / А.И. Беленков, А.Ю. Тюмаков, У.М. Сабо // Вестн. Алтайского гос. аграр. ун-та – 2015. – № 4 (126). – С. 5-10.

37. Белоусов Д.Р. Будущее России: макроэкономические сценарии в глобальном контексте / Д.Р. Белоусов, Е.А. Абрамова, А.Ю. Апокин и др.// Форсайт. – 2013. – №2. – С. 6-25.

38. Бенди́ков М.А. Научно-технологическое развитие как средство обеспечения устойчивости экономики / М.А. Бенди́ков, И.Э. Фролов, О.Е. Хрустале́в // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2014. – №34. – С.2-8.
39. Беспяхотный Г.В. Инновационные и инвестиционные ресурсы развития сельского хозяйства // Аграрный вестник Урала. – 2010. – №4. – С. 4-6.
40. Бестужев-Лада И.В., Наместникова Г.А. Социальное прогнозирование: курс лекций. – М.: Педагогическое общество России, 2002. – 392 с.
41. Бетелин В. О новой технологической революции и готовности к ней экономики России / В. Бетелин // Экономист. – 2018. – №2. – С. 3-9.
42. Биозащита захватывает умы и территории [Электронный ресурс] // Агропромышленный портал «АгроXXI». – Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/biozaschita-zahvatyvaet-umu-i-territorii.html> (дата обращения: 27.11.2017).
43. Бодрунов С.Д. Ноономика: концептуальные основы новой парадигмы развития // Journal of new economy. – 2019. – №1. – С. 5-10.
44. Боев В.Р. Производственные и научно-производственные системы в сельском хозяйстве / соавт.: Е. С. Оглоблин и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 207 с.
45. Боргардт И.Ф. Человеческий капитал как фактор развития аграрного сектора экономики / И.Ф. Боргардт // Вестник ОрелГАУ. – 2015. – №3(54). – С. 23-33.
46. Борхунов Н.А. Индикаторы состояния и развития аграрной экономики / Н. А. Борхунов, О.А. Родионова // АПК: экономика, управление. – 2013. – № 6. – С. 26-32.
47. Буданов И.А. Прикладное прогнозирование национальной экономики: учебное пособие / И.А. Буданов, В.В. Ивантер, А.Г. Коровкин и др. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ecfor.ru/publication/prikladnoe-prognozirovanie-natsionalnoj-ekonomiki/> (дата обращения 13.04.2020).

48. Будущее агропромышленного комплекса: тренды до 2120 года // РБК. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/futurology/5e8743049a79471521c34539> (дата обращения 16.02.2020).

49. Вареник К.А. Теория инноваций как ключевое направление научных исследований XX века // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №5. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10169> (дата обращения: 03.04.2020).

50. Васильева А.С. Научно-техническое развитие как фактор устойчивого развития и обеспечения экономической безопасности // Креативная экономика. – 2012. – №9. – С. 3-8.

51. Ведомственная целевая программа «Научно-техническое обеспечение развития отраслей агропромышленного комплекса». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/d5c/d5c01420a6a2833cfd38128c58f5a28d.pdf> (дата обращения 12.07.2020).

52. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48 с.

53. Верба В.А. Когнитивный подход к исследованию условий развития региональной системы / В.А. Верба // Региональная экономика: теория и практика. – 2011. – №36. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kognitivnyy-podhod-k-issledovaniyu-usloviy-razvitiya-regionalnoy-sistemy-1> (дата обращения: 11.04.2019).

54. Высоцкий В.А. Современные методы селекции садовых растений в ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии / В.А. Высоцкий, В.С. Гиричев // Садоводство и виноградарство. – 2011. – № 6. – С. 42-46.

55. Гайсин Р. От мотыги к нанотехнологиям. [Электронный ресурс] / Р. Гайсин; [беседовала] С. Инкижинова // Эксперт online. – опубл. 21 янв. 2013. – Режим доступа: <http://expert.ru/expert/2013/3> (дата обращения 5.06.2020)

56. Гайсин Р.С. Предел технологической эволюции сельского хозяйства и возможность его преодоления [Электронный ресурс] / Р.С. Гайсин. // Проблемы современной экономики. – 2014. – №4 (52). – Режим доступа: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=5151> (дата обращения 6.06.2020).

57. Гайсин Р.С. Статистический анализ урожайности: факторы, методы, практическое использование результатов // А.Е. Шибалкин, Р.С. Гайсин, Б.Ш. Дашиева. Москва, 2020. 167 с.

58. Гапоненко Н. В. Форсайт. Теория. Методология. Опыт: монография. М.: Юнити – Дана. 2008. 239 с.

59. Гвишиани Д.М., Лисичкин В.А. Прогностика. М., 1968. – С. 89.

60. Гинис Л.А. Развитие инструментария когнитивного моделирования для исследования сложных систем // Инженерный вестник Дона. – 2013. – №3(26). – С. 66.

61. Глазьев С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития. – М.: ВлаДар, 1993.

62. Глобальные тренды и перспективы научно-технологического развития Российской Федерации: краткие тезисы [Текст]: докл. к XVIII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 11-14 апр. 2017 г. / Л.М. Гохберг, А.В. Соколов, А.А. Чулок и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2017. – 39 с.

63. Голлай А.В. Генезис понятия «технологическое развитие» // Управление в современных системах. – 2018. – №3 (19). – С. 21-23.

64. Голубев А.В. Возможности развития растениеводства России в условиях глобальных вызовов // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 11. – С. 4-10.

65. Голубев С.С. Стратегическое планирование и прогнозирование научно-технологического развития вооружения, военной и специальной техники / С.С. Голубев, Е.П. Дюндик, А.Ю. Мошин // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. – 2017. – № 4. – С. 18-28.

66. Гончаренко Л.П. Инвестирование инновационных процессов в агропромышленном производстве как фактор повышения уровня продовольственной безопасности России / Л.П. Гончаренко, Т.М. Геращенко // Финансы: теория и практика. – 2014. – №2. – С. 13-23.

67. Горчаков Я.В. Тенденции развития и рыночные аспекты мирового органического земледелия / Я.В. Горчаков // – Барнаул: Аз Бука, 2004. – 256 с.

68. Гранберг А.Г. Математические модели социалистической экономики, М.: Экономика, 1978.

69. Деградация на миллиарды: в России истощены свыше 60% сельхозугодий. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/22499-degradatsiya-na/> (дата обращения 11.12.2020).

70. Длинные волны: научно-технический прогресс и социально-экономическое развитие / С.Ю. Глазьев, Г.И. Микерин, П. Н, Тесля и др. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1991. 250 с.

71. Добрякова М. Социальная укорененность технологий: перспективные направления исследований / М. Добрякова, З. Котельникова // Форсайт. – 2015 – № 1. – С.6–17.

72. Долговременные тенденции в капиталистическом воспроизводстве. Реф. сб. / Под ред. Р.М. Энтова, Н.А. Макашевой – М.: ИНИОН, 1985.

73. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации на 2016-2025 годы и на перспективу до 2030 года [Электронный ресурс] / Министерство сельского хозяйства РФ. – Режим доступа: <http://mcx.ru/upload/iblock/959/959648abb188a76c11095d869e8bde94.pdf> (дата обращения: 22.09.2018).

74. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года // Распоряжение Правительства РФ от 10 августа 2019 г. № 1796-р. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/y1IpA0ZfzdMCfATNBKGff1cXEQ142yAx.pdf> (дата обращения 20.11.2020).

75. Дутов А.В., Ключков В.В. Форсайт и системные исследования как инструменты прогнозирования и стратегического планирования развития авиации // Материалы Четырнадцатого Всероссийского симпозиума «Стратегическое планирование развитие предприятий». – М.: ЦЭМИ РАН, 2013. – Т. 5. – С. 15-34.

76. Закшевская Е.В. Стратегия государственного регулирования российского зернового рынка на основе прогнозов производства зерна / Е.В. Закшевская, С.В. Куксин, И.Б. Загайтов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4 (51). – С. 169-178.

77. Заседание Бюро Отделения сельскохозяйственных наук (23 ноября 2017 года) / Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 1. – С. 4-5.

78. Ивантер В. Инновационный вариант развития: долгосрочный прогноз / В. Ивантер, М. Узяков // Экономист. – 2007. – № 11.

79. Ивантер В.В. Будущее России: инерционное развитие или инновационный прорыв? / В.В. Ивантер, Б.Н. Кузык. – М.: Институт экономических стратегий, 2005. – 144 с.

80. Импортозамещение в АПК России: проблемы и перспективы: монография. – М.: ФГБНУ «Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства» (ФГБНУ ВНИИЭСХ), 2015. – 447 с.

81. Индикаторы инновационной деятельности: 2018: статистический сборник / Н. В. Городникова, Л. М. Гохберг, К. А. Дитковский [и др.]; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Издательство НИУ ВШЭ, 2018. – 344 с.

82. Иосифов П.А. Об отраслевых центрах прогнозирования научно-технологического развития / П.А. Иосифов, А.С. Перванюк, М.В. Силуянова // Высшее образование в России. – 2012. – № 11. – С. 161–163.

83. Исмиханов З.Н. Моделирование социально-экономического развития региона на основе когнитивного подхода (на примере Республики Дагестан) // Бизнес-Информатика. – 2015. – №2(32). – С. 59-68.

84. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года: В 8 т. / Федеральная служба гос. статистики. М.: ИИЦ «Статистика России», 2018.

85. Как точное земледелие помогает аграриям экономить ресурсы и принимать более эффективные решения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://changeua.com/business/kak-tochnoe-zemledelie-pomogaet-agrariyam-ekonomit-resursyi-i-prinimat-bolee-effektivnyie-resheniya/> (дата обращения 11.12.2020).

86. Каленов О.Е. Инновационно-технологическое развитие организации. Перспективы экономики знаний [Электронный ресурс]: монография / О.Е. Каленов. – М.: Импульс, 2019. – 184 с.

87. Карпенко Г.Г. Материально-техническая база агропромышленного комплекса – фактор обеспечения продовольственной безопасности / Г.Г. Карпенко, А.Б. Мельников, В.В. Шевцов // Вестник Академии знаний. – 2020. – № 2 (37). – С. 137-143.

88. Ключевые тренды мирового АПК // АНО Международный независимый институт анализа инвестиционной политики. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://мниап.рф/analytics/Klucsevye-trendy-mirovogo-APK/> (дата обращения 11.11.2020).

89. Колоколов В.А. Трансформации как механизм повышения эффективности инновационной экономики: интеграция и управление / В.А. Колоколов, В.Е. Зуев // Научные исследования и разработки. Экономика фирмы. – 2013. – Т. 2. – № 1. – С. 47-55.

90. Комков Н.И. Научно-технологическое развитие: ограничения и возможности // Проблемы прогнозирования. – 2017. – №5. – С.11-21.

91. Кондратьев Н.Д. Проблемы экономической динамики. – М.: Экономика, 1989. – 186 с.

92. Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс]:

Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 № 1662-р (ред. от 08.08.2009).  
– Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 15.10.2017).

93. Косолапов В.М. Проблемы импортозамещения (экономические аспекты) в растениеводстве / Экономический портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://institutiones.com/agroindustrial/2844-problemy-importoza-mezheniya-v-rastenievodstve.html> (дата обращения: 19.12.2018).

94. Кравченко Т.С. Стратегические направления развития инновационной деятельности в отрасли растениеводства // Региональная экономика: теория и практика. – 2014. – №21. – С. 46-56.

95. Ксенофонтов М.Ю. Сценарное прогнозирование как инструмент разработки стратегии развития сельского хозяйства / М.Ю. Ксенофонтов, М.А. Поскачей, Н.Н. Сапова и др. // Проблемы прогнозирования. – 2008. – №5. – С. 3-19.

96. Кудряков В.Г. Государственное регулирование органического земледелия: основы и особенности европейского и американского законодательства / В.Г. Кудряков, В.А. Мирончук, С.А. Есаян // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. – 2015. – № 105. – С. 505-522.

97. Кукушкин С.Н. Моделирование инновационного процесса / С.Н. Кукушкин, О.Е. Каленов // Плехановский научный бюллетень. – 2016. – №2(10). – С. 118-122.

98. Кун Т. Структура научных революций. – М.: Экономика, 1977.

99. Кундиус В.А. Формирование евразийской технологической платформы как базиса инновационного развития экономики трансграничных регионов / Е.А. Ан, В.А. Кундиус // Экономика. Профессия. Бизнес. – 2019. – № 3. – С. 5-14.

100. Курнышева И., Засько В. Тенденции и перспективы экономического роста // Экономист. – 2007. – № 10.

101. Леонтьев В. Хозяйство как кругооборот // Василий Леонтьев. Документы. Воспоминания. Статьи. СПб.: Гуманистика, 2006.

102. Леонтьев В. Анатомия планирования: Избранные статьи. СПб: издательство газеты «Невское время». 1994.
103. Лидин К.Л. Многообразие построения дорожных карт. – М., 2006.
104. Линкин А. С. Развитие науки и техники и его влияние на человечество // Молодой ученый. – 2019. – №2. – С. 399-401.
105. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
106. Лукашин Ю.П. Регрессионные и адаптивные методы прогнозирования. – М.: МЭСИ, 1997. – 44 с.
107. Мадвар М.Д. [и др.] Патентный анализ жизненного цикла технологий (на примере нефтяного сектора) // Форсайт. – 2016. – Т. 10. – № 4. – С. 72-79.
108. Мамонов О.В. Применение производственных функций при исследовании взаимозаменяемости ресурсов с постоянной эластичностью предельной нормы замещения / Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. трудов научно-практической конференции преподавателей, студентов, магистрантов и аспирантов, посвящённый 80-летию Новосибирского ГАУ (г. Новосибирск, 7-11 ноября 2016 г.) / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2016. – с. 191-193.
109. Мантуров Д.В. Методологические проблемы стратегического планирования развития российской авиационной промышленности / Д.В. Мантуров, В.В. Клочков // Труды МАИ. – 2012. – Вып. 53. – С. 17-20.
110. Мартин Р. Исследование трендов. Практическое руководство. Изд-во: Манн, Иванов и Фербер. – 2020. – 240 с.
111. Методология научно-технологического прогнозирования Российской Федерации в современных условиях: монография / С.С. Голубев, С.С. Чеботарев, А.М. Чибинцев, Р.М. Юсупов; по науч. ред. д-ра экон. наук, проф., засл. деятеля науки РФ С.С. Чеботарева. – М.: Креативная экономика, 2018. – 282 с.

112. Методология оценки технологического развития отрасли растениеводства: монография / В.В. Кузнецов, Н.Ф. Гайворонская, Г.В. Григорьева и др. – Ростов н/Д: Изд-во ГНУ ВНИИЭиН, 2012. – 146 с.

113. Микова Н., Соколова А. Мониторинг глобальных технологических трендов: теоретические основы и лучшие практики // Форсайт. – 2014. – Т. 8. – № 4. – С. 64-83.

114. Михайлушкин П.В. Органическое земледелие – направление перехода к «зеленой» экономике в России / П.В. Михайлушкин, А.Р. Алиева // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 2. – С. 17-19.

115. Мнелян М.Г. Динамический образ инноваций: Алгоритмы инновационного развития. – М.: ВИТус – К, 2006.

116. Морозова М.Е. Среднесрочное прогнозирование российской экономики с использованием когнитивной модели / М.Е. Морозова, В.В. Шмат // Проблемы прогнозирования. – 2017. – №3(162). – С. 19-25.

117. Назаренко А.В. Сценарное прогнозирование развития социально-экономических систем / А.В. Назаренко, О.С. Звягинцева // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – №84(10). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/10/pdf/58.pdf> (дата обращения 11.04.2019).

118. Научно-методические рекомендации по вопросам диагностики социальных рисков и прогнозирования вызовов, угроз и социальных последствий / Российский государственный социальный университет. – М., 2010. 35.

119. Научно-техническое прогнозирование / Энциклопедия кибернетики. – Т. 2. – С. 70-72.

120. Научные основы экономического прогноза. Мысль, 1971.

121. Нечаев В.И. Совершенствование рынка научной продукции в сельском хозяйстве России // В.И. Нечаев., Т.Г. Бондаренко, Л.В. Писарева [и т.д.]. Москва, 2020. – 333 с.

122. Николайченко Н.В. Современные подходы и новые методы селекции при интродукции малораспространенных видов кормовых культур в

засушливых условиях Нижневолжского региона / Н.В. Николайченко, В.И. Жужукин // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 9. – С. 39-42.

123. Новая технологическая революция: вызовы и возможности для России. Экспертно-аналитический доклад / Под науч. рук-м В.Н. Княгинина. – М.: Центр стратегических разработок. – 2017. – 134 с.

124. Новейшие достижения в области биотехнологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://medbe.ru/materials/problemny-i-metody-biotekhnologii/noveyshie-dostizheniya-v-oblasti-biotekhnologii-primenenie-kletochnykh-kultur-i-kletochnykh-tekhnologo/](http://medbe.ru/materials/problemny-i-metody-biotekhnologii/noveyshie-dostizheniya-v-oblasti-biotekhnologii-primenenie-kletochnykh-kultur-i-kletochnykh-tekhnolog/) (дата обращения: 05.12.2017).

125. Новиков Ю.И. Состояние и перспективы развития государственной финансовой поддержки зернового производства / Ю.И. Новиков, Ю.И. Шумакова, Б.С. Кошелев // Финансовая экономика. – 2018. – №7. – С. 1099-1102.

126. О внесении изменений в Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 5 мая 2018 г. № 559. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/557308815> (дата обращения: 13.09.2018).

127. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 14.07.2012 № 717. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 23.09.2017).

128. О мерах по реализации государственной научно-технической политики в области сельского хозяйства [Электронный ресурс]: указ Президента РФ от 21.07.2016 г. №350. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 17.08.2017).

129. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [Электронный ресурс]: Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420384257> (дата обращения: 13.09.2018).

130. О стратегическом планировании в Российской Федерации [Электронный ресурс]: ФЗ от 28.06.2014 №172-ФЗ. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 17.08.2017).

131. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации // Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (дата обращения 11.11.2020).

132. Об утверждении методических рекомендаций по подготовке исходных данных для разработки и корректировки прогноза научно-технологического развития Российской Федерации, а также по формированию его сценарных условий [Электронный ресурс]: Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 ноября 2015 г. №1335 // Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71158716/> (дата обращения: 17.05.2018).

133. Об утверждении Правил разработки и корректировки прогноза научно-технологического развития РФ [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 13.07.2015 № 699. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

134. Об утверждении Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года // Распоряжение Правительства РФ от 12 апреля 2020 года N 993-р. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/564654448> (дата обращения 6.10. 2020).

135. Органическое сельское хозяйство и биологизация земледелия в России [Электронный ресурс] // Союз органического земледелия. – Режим доступа: <https://soz.bio/issledovanie-rynok-organicheskogo-selskogo-hozjajstva-i-biologizacii-zemledelija-v-rf/> (дата обращения 13.09.2018).

136. Панфилов В.А. Синергетика и развитие технологий АПК // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – №12. – С. 5-10.

137. Папцов А. Комментарий. Академик Андрей Папцов: стратегию размещения зерновых и кормовых культур изменит климат / Крестьянские ведомости. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.agronews.ru/news/kommentarij-akademik-andrej-papcov-strategiyu-razmeshheniya-zernovyx-i-kormovyx-kultur-izmenit-klimat.html> (дата обращения: 26.11.2018).

138. Першукевич П.М. Стратегия развития АПК Сибири до 2035 года: социально-экономические аспекты / П.М. Першукевич, Л.В. Тю // АПК: Экономика, управление. 2018. – № 12. – С. 4-12.

139. Петриков А. Использование инновационных технологий различными категориями хозяйств и совершенствование научно-технологической политики в сельском хозяйстве / А. Петриков // АПК: экономика, управление. – 2018. – № 9. – С. 4-11.

140. Петриков А.В. Инновационное развитие сельского хозяйства: проблемы и механизмы // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2019. – Т. 219. – №5. – С. 47-63.

141. Петухова М.С. Методические основы стратегического планирования в отрасли растениеводства // Международный сельскохозяйственный журнал. – № 1 (373). – 2020. – С. 37-39.

142. Петухова М.С. Долгосрочный прогноз научно-технологического развития зерновой отрасли России. Новосибирский государственный аграрный университет – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2021. – 180 с.

143. 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.

144. 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.

145. Петухова М.С. Инновационный потенциал как фактор научно-технологического развития отрасли растениеводства / А.С. Денисов, Е.В. Рудой, М.С. Петухова // Сб. мат-лов междунар. науч.-практ. конф.: Перспективы развития агропромышленного комплекса: региональные и межгосударственные аспекты. Новосибирск. – 2018. – С. 12-15.

146. Петухова М.С. Исследование динамики урожайности зерна в России в контексте научно-технологического развития отрасли растениеводства // Аграрный вестник Урала. – 2021. – №1. – С. 70-77.

147. 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.

148. Петухова М.С. Когнитивное моделирование как инструмент сценарного прогнозирования отрасли растениеводства // Экономический обзор. – 2020. – №1 (3). – С. 25-29.

149. 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.

150. 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.

151. 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.

152. 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.

153. 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.

154. 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.

155. 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.

156. 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.

157. Петухова М.С. Методические основы моделирования научно-технологического развития зернового производства России // Экономический обзор. – 2019. – № 2 (2). – С. 41-43.

158. 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.

159. 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.

160. Петухова М.С. Механизм обеспечения инновационного воспроизводства в сельском хозяйстве Новосибирской области // Экономика сельского хозяйства России. – 2018. – №4. – С. 12-17.

161. 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.

162. Петухова М.С. Организационно-экономический механизм государственной поддержки расширенного воспроизводства в сельском хозяйстве региона / М.С. Петухова, А.Т. Стадник, С.А. Шелковников; Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2019. – 102 с.

163. 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 Новосибирского ГАУ: Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса региона. Новосибирский государственный аграрный университет. – 2017. – С. 360-363.

164. 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.

165. Петухова М.С. Особенности научно-технологического развития отрасли растениеводства // Экономический обзор. – 2020. – № 4 (5). – С. 23-26.

166. 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.

167. 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.

168. 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.

169. 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.

170. 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.

171. 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.

172. 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.

173. 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.

174. 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.

175. 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.

176. 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.

177. 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.

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

179. Петухова М.С. Системный подход к прогнозированию научно-технологического развития зернового производства // Экономика сельского хозяйства. – 2021. – №1. – С.11-16.

180. 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.

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

182. Петухова М.С. Совершенствование системы государственной поддержки сельскохозяйственного производства // Материалы 55-й Междунар. науч. студенческой конференции: МНСК-2017: Экономика. Новосибирск. – 2017. – С. 106-107.

183. 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 РАН-ХиГС. – 2014. – С. 51-52.

184. 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.

185. 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.

186. 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.

187. 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.

188. 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, Новосибир. гос. аграр. ун-тет. Новосибирск: Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН, 2020. – С. 322-325.

189. Петухова М.С. Формирование экосистемы научно-технологического развития АПК (на примере Новосибирской области) // Экономический обзор. – 2019. – № 2 (2). – С. 12-15.

190. 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.

191. 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.

192. Пинчук В.М. Инновационные возможности высокотехнологичных компаний // Экономика и управление. – 2015. – №3(43). – С. 9-14.

193. Подгорская С.В. Построение нечетких когнитивных моделей социально-экономических систем на примере модели управления комплексным развитием сельских территорий / С.В. Подгорская, А.Г. Подвесовский, Р.А. Исаев // Бизнес-Информатика. – 2019. – №3. – С. 7-19.

194. Поддубный А.А. Когнитивный подход к исследованию информационно-консалтингового обеспечения АПК // Известия Российского

государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2009. – №92. – С. 126-131.

195. Потапов А.П. Сценарии формирования ресурсного потенциала аграрного производства России / А.П. Потапов // Проблемы прогнозирования. – 2015. – №2. – С. 77.

196. Проблемы прогнозирования и оптимизации работы транспорта: [Сб. статей] / ред. Л.В. Канторович. М: Наука, 1982.

197. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]: разработан Минэкономразвития России. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 15.10.2017).

198. Прогноз научно-технологического развития России: 2030. Биотехнологии / под ред. Л.М. Гохберга, М.П. Кирпичникова. – М.: Минобрнауки РФ, НИУ ВШЭ, 2014. – 48 с.

199. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса РФ на период до 2030 года / под ред. Л.М. Гохберга; Минсельхоз России, Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд-во НИУ ВШЭ, 2016. – 56 с.

200. Прогноз научно-технологического развития России: 2030. Рациональное природопользование / под ред. Л.М. Гохберга, Н.С. Касимова. – Минобрнауки РФ, НИУ ВШЭ. – М., 2014. – 48 с.

201. Программа фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства РФ от 3 декабря 2012 г. № 2237-р. – Режим доступа: <http://www.ras.ru/scientificactivity/2013-2020plan.aspx> (дата обращения: 06.10.2017).

202. Проект Селекция 2.0: первые результаты // Центр технологического трансфера НИУ ВШЭ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.nsss-russia.ru/wp-content/uploads/2019/10/селекция-2.0.pdf> (дата обращения 5.12.2020).

203. Пыжикова Н.И. Научные подходы к формированию механизма устойчивого развития сельских территорий северной зоны Красноярского края / Д.В. Паршуков, Н.И. Пыжикова, Д.В. Ходос // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – №8. – С. 85-89.

204. Развитие / Электронная библиотека ИФ РАН «Новая философская энциклопедия». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://iphlib.ru/library/collection/newphilenc/document/HASH2824151493bd42e9d37028> (дата обращения 4.04.2020).

205. Развитие АПК России до 2030 г. Прогноз. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://piginfo.ru/news/razvitie-apk-rossii-do-2030-g-prognoz/> (дата обращения 10.07.2020).

206. РСХБ назвал семь глобальных трендов развития сельских территорий до 2050 года // Россельхозбанк. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rshb.ru/news/401393/> (дата обращения 11.08.2020).

207. Рудой Е.В. Управление развитием аграрного университета на основе межотраслевой научно-производственной интеграции кластерного типа: магистерская диссертация. НИУ ВШЭ, 2018. – 102 с.

208. Сальникова Е.В. Направления реализации инновационного потенциала системы семеноводства в зерновом производстве / Е.В. Сальникова / Развитие агропромышленного производства и сельских территорий: сборник Междунар. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 247–250.

209. Санду И.С. Научные основы и особенности инновационного развития аграрного сектора экономики / И.С. Санду, И.В. Кирова // Прикладные экономические исследования. – 2018. – №3(25). – С. 4-11.

210. Семеноведение зернобобовых культур: учеб. пособие / В.И. Зотиков и др. // – Орел: ВНИИЗБК, 2016. – 184 с.

211. Семыкин В.А. Человеческий капитал как решающий фактор модернизации агропромышленной экономики / В.А. Семыкин, Т.Н. Соловьева, В.В. Сафронов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №1. – С. 2-5.

212. Сквозные технологии НТИ [Электронный ресурс] // Национальная технологическая инициатива. – Режим доступа: <http://www.nti2035.ru/technology/> (дата обращения: 13.09.2018).

213. Скляров И.Ю. Стратегические направления развития инновационной экономики в АПК России / И.Ю. Скляров., Ю.М. Склярова // Современные проблемы развития национальной экономики: Сборник статей IX Международной научно-практической конференции. 2016. – С. 147-159.

214. Сколково: через пять лет Россия выйдет на международные рынки с собственными агробiotехнологиями // Сколково. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://old.sk.ru/news/b/press/archive/2017/02/09/skolково-cherez-pyat-let-rossiya-vyydet-na-mezhdunarodnye-rynki-s-sobstvennymi-agrobiotekhnologiyami.aspx> (дата обращения 12.10.2020).

215. Соколов А.В. Форсайт: Взгляд в будущее [Электронный ресурс] / А.В. Соколов. – Режим доступа: <https://foresight.hse.ru/data/380/621/1234/Whatforesight.pdf> (дата обращения: 06.10.2017).

216. Соколова А.В. [и др.]. Глобальные технологические тренды / под ред. Л.М. Гохбера. – М.: НИУ ВШЭ, 2016.

217. Стадник А.Т. Организационный механизм внедрения инноваций в АПК на региональном уровне / А.Т. Стадник, С.А. Шелковников, С.Г. Чернова [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2014. – Т.16. – С. 128.

218. Статистика Российской Империи, СССР и Российской Федерации / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://istmat.info/statistics> (дата обращения 12.04.2020).

219. Стратегическое прогнозирование развития отраслей сельского хозяйства на основе системы норм и нормативов: монография / В.В. Кузнецов, А.Н. Тарасов, Н.Ф. Гайворонская и др. – Ростов н/Д.: ФГБНУ ВНИИЭиН, Изд.-во ООО «АзовПечать», 2016. – 144 с.

220. Стратегия развития селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур в Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://r-seed-a.ru/index.php/novosti/novosti-selektiv/item/320-strategiya-razvitiya-selektiv-i-semenovodstva-selskokhozyajstvennykh-kultur-v-rossijskoj-federatsii-na-period-do-2020-goda> (дата обращения: 13.09.2018).

221. Сухарев О. Технологическое обновление: возможен ли успех цифровой экономики? / О. Сухарев // Экономист. – 2018. – №2. – С. 10-22.

222. Сценарный прогноз развития зернового рынка России / Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. – 2015. – 50 с.

223. Тейл Г. Экономическое прогнозирование и принятие решений. М., «Статистика», 1971.

224. Технологическое будущее российской экономики: докл. к XIX Апр. междунар. научн. конф. по проблемам развития экономики и общества / гл. ред. Л. М. Гохберг; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд-во ВШЭ, 2018. – 193 с.

225. Технология прогнозных разработок социальных процессов / И.В. Бестужев-Лада, Г.А. Наместникова; Ком. по пат. и товар. знакам М-ва науки, высш. шк. и техн. политики Рос. Федерации, Науч.-произв. об-ние «Поиск». – М.: НПО «Поиск», 1992. – 95 с.

226. Трофименко И.Л. Разработка модели технологического развития растениеводства / И.Л. Трофименко, И.Р. Салманова // Никоновские чтения. – 2010. – №15. – С. 322-323.

227. Трубилин А.И. Проблемы среднесрочного прогноза урожайности и возможности эффективного их решения при производстве зерна / А.Г. Прудников, А.И. Трубилин, Т.В. Логойда // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2019. – № 11 (56). – С. 56-62.

228. Труфляк Е.В. Мониторинг и прогнозирование в области цифрового сельского хозяйства по итогам 2018 г. / Е.В. Труфляк, Н.Ю. Курченко, А.С. Креймер. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 100 с.

229. Узун В.Я. Стимулирование инноваций в сельском хозяйстве // Экономика сельского хозяйства России. – 2008. – №12. – С. 32-36.
230. Указ Президента Российской Федерации от 11 января 2012 года № Пр-83 «Об основах политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2020 года и дальнейшую перспективу». – М., 2012.
231. Указ Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 года № Пр-899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации». – М., 2011.
232. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 596 «О долгосрочной государственной экономической политике». – М., 2012.
233. Ушачев И. Совершенствование организационно-экономического механизма рынка научно-технической продукции в растениеводстве / И. Ушачев, Е. Колязина, С. Аржанцев // АПК: экономика, управление. – 2018. – № 8. – С. 68-79.
234. Федеральный закон от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации». – М., 2014.
235. Френкель А.А. Прогнозирование производительности труда: методы и модели. – М.: Экономика, 2007. – 221 с.
236. Фурсов С. Роль пшеницы в реализации экспортного потенциала зернового рынка на основе достижений селекции / С. Фурсов // АПК: экономика, управление. – 2018. – № 5. – С. 40-51.
237. Харрод. Р. К теории экономической динамики: Новые выводы экономической теории и их применение в экономической политике. М: Изд-во иностр. лит., 1959. – 212 с.
238. Цифровая трансформация сельского хозяйства России: офиц. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 80 с.
239. Цыганов В.А. Прогнозирование продукции сельского хозяйства на основе производственной функции ресурсов / В.А. Цыганов // Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования

АПК: сборник науч. статей 8-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 26-27 мая 2016 г. – Минск: БГАТУ, 2016. – С. 272-278.

240. Чеботарев С.С. Методологические подходы к эффективной реализации стратегических программ импортозамещения / С.С. Чеботарев, С.С. Голубев // Экономические стратегии. – 2017. – № 7 (149). – С. 68-77.

241. Чулок А. Перестать беспокоиться и начать учиться. Мега тренды: взгляд на динамические портфели компетенций будущего // Brics Business Magazine. – 2017. – № 1 (17). – С. 58-61.

242. Чупин Р.И. Прогнозирование емкости рынка пшеницы на основе построения модели межрегионального межотраслевого баланса / Р.И. Чупин, В.В. Алещенко, О.А. Алещенко // Маркетинг в России и за рубежом. – 2017. – №1 (117). – С. 78-92.

243. Шелюбская Н.В. Выбор приоритетов инновационного развития в ЕС и перспективы использования «Форсайта» в России // Инновации. – 2006. – №10. – С. 52-57.

244. Шульга Н.Д. Технологическое развитие государства в контексте национальных инновационных систем: вопросы взаимодействия науки и промышленности // Актуальные проблемы современности: наука и общество. – 2014. – №2 (3). – С.43.

245. Шумпетер Й. Капитализм, социализм и демократия. – М., 1995.

246. Экономико-математические методы и прикладные модели / под ред. В.В. Федосеева. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 391 с.

247. Экспортный потенциал реализован на 70%. За первую половину сезона-2018/19 Россия поставила за рубеж 28 млн тонн зерна // Агроинвестор. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/31003-eksportnyy-potentsial-realizovan-na-70/> (дата обращения 17.10.2020).

248. Этапы технического прогресса в растениеводстве: учебное пособие. / С.Л. Никитченко – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2017. – 60 с.

249. Яковец Ю.В. Циклы, кризисы, прогнозы. – М., 1999. 448 с.
250. Ясин Е.Г. Сценарии развития России на долгосрочную перспективу. – Москва: Фонд «Либеральная миссия», 2011.