

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Казанский государственный аграрный университет»**

Кафедра «Землеустройство и кадастры»

Направление подготовки 21.04.02 – землеустройство и кадастры
Программа «Земельные ресурсы Республики Татарстан и приемы
рационального их использования»

Научный руководитель магистерской программы
профессор Сафиоллин Ф.Н.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

**на тему: «МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОГО РАПСА
С УЧЕТОМ ПОДРОДОЯ ПОЧВ – ОСНОВА РАЦИОНАЛЬНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ЛАЙШЕВСКОГО
МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН»**

Выполнил – Шагиахметов Алмаз Альфредович

**Научный руководитель –
д.с.-х.н., профессор**

_____ **Сафиоллин Ф.Н.**

Допущена к защите –

зав.выпускающей кафедры, профессор _____ **Сафиоллин Ф.Н.**

Казань – 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	7
1.1 Теоретические основы моделирования урожайности сельскохо- зяйственных культур	7
1.2 Практические приемы моделирования урожайности сельскохо- зяйственных культур	15
ГЛАВА II. ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ЛАИШЕВСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН	24
2.1 Местоположение и ландшафт территории Лаишевского муниципального района	24
2.2. Климатическая характеристика Лаишевского муниципального района	26
2.3. Почвенный покров Лаишевского муниципального района и его плодородие	28
2.4 Сельскохозяйственное производство в Лаишевском муници- пальном районе	33
ГЛАВА III. МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОГО РАПСА С УЧЕТОМ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ – ОСНОВА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ЛАИШЕВСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН	35
ГЛАВА IV. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОГО РАПСА НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	51
ГЛАВА V. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО РАПСА	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	67
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	72
ПРИЛОЖЕНИЯ	77

ВВЕДЕНИЕ

В последние 12 лет наблюдается положительная тенденция увеличения валового сбора масличного сырья за счет увеличения посевов рапса: так в 2005 году посевная площадь под этой культурой в России составляла 244 тыс. га, а в 2015-2017 годах — около 1 млн. га.

В годы незначительного снижения посевных площадей рапса ситуация выравнивалась увеличением его урожайности. Поэтому актуальным является не просто увеличение посевных площадей рапса, а достаточная для закрытия потребностей внутреннего рынка урожайность, которая должна быть в России не менее 18 ц/га. [29]

Средняя урожайность по РФ в 2017 году достигла 15 ц/га против 11 ц/га в 2016 году. В регионах Черноземья собирали по 20-30 ц/га, аграрии в Сибири получили 14-15 ц/га. В результате это позволило собрать в 2017 г. рекордные 1,5 млн. тонн масличного сырья в зачетном весе по сравнению с 1 млн. тонн в 2016 году.

Урожайность озимого рапса, как правило, выше, чем ярового, и потому он более привлекателен для выращивания. Однако у озимого рапса есть недостаток - риск непerezимовки. Этот риск минимален в регионах с благоприятными климатическими условиями. В регионах же с более континентальным климатом как в Среднем Поволжье и, соответственно, с более жесткими условиями перезимовки предпочтительнее выращивание подсолнечника и ярового рапса: это более стабильная инвестиция для хозяйств.[29]

Повышение эффективности функционирования аграрного сектора требуют изменений в системе учетно-аналитической работы, включая развитие новых направлений эконометрического анализа, поиск необходимой информации и комплексных методик ее обработки с помощью современных информационных технологий и электронных средств.

Одним из направлений повышения эффективности процессов в аграрном производстве является точное земледелие и связанное с ним моделирование урожайности. Точное земледелие рассматривает земельные площади, используемые под те или иные культуры, как неоднородные по своим агрохимическим и агрофизическим свойствам, что подразумевает дифференцированный подход и моделирование факторов роста урожайности за счет целевого применения удобрений, пестицидов, орошения и других мероприятий.

Технологии возделывания масличных культур в условиях лесостепи Поволжья – ярового и озимого рапса посвящено много книг и научных статей, выпущенных в разные годы профессорско-преподавательским составом Казанского государственного аграрного университета. (Файзрахманов Д.И., Сафиоллин Ф.Н., Низамов Р.М., 2005-2016)

Разные методы и их различие в моделирования урожайности сельскохозяйственных культур рассмотрены в научных кругах большинства аграрных ВУЗов страны, о чем свидетельствует периодичность и количество выпущенных статей в научных журналах.

Целью выпускной квалификационной работы является моделирование урожайности ярового рапса с учетом плодородия почв в качестве основы рационального использования земельных ресурсов Лаишевского муниципального района Республики Татарстан.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- изучение теоретических основ и практических приемов моделирования урожайности сельскохозяйственных культур;
- анализ почвенно-климатических ресурсов Лаишевского муниципального района;
- изучение плодородия почв АФ «Нармонка» на основе данных агрохимического анализа;

- разработка модели влияния данных агрохимического обследования почв на урожайность ярового рапса;
- расчет экономической эффективности возделывания ярового рапса на основе данных моделирования;
- описание мероприятий по охране окружающей среды.

Объект выпускной квалификационной работы – моделирование урожайности сельскохозяйственных культур.

Предмет выпускной квалификационной работы - моделирование урожайности ярового рапса с учетом плодородия почв (на примере Лаишевского муниципального района Республики Татарстан).

Для этого с помощью общенаучных статистических и экономико-математических методов исследования изучены факторы роста урожайности сельскохозяйственных культур. Проведен корреляционный анализ, квантование и бинарная классификация по показателям и критериям роста урожайности культур с помощью WoE анализа, осуществлено регрессионное моделирование.

Теоретическая и практическая значимость результатов выпускной квалификационной работы состоит в том, что они могут служить базой для дальнейшего развития методологии вероятностного многофакторного анализа и изучения показателей, влияющих на рост урожайности ярового рапса и других сельскохозяйственных культур.

Исходными материалами для написания работы послужили данные агрохимического анализа, территориального планирования, научные статьи, книги и интернет-ресурсы. Всего использовано 35 источников литературы, среди которых 4 закона и подзаконных акта, 6 книг, 15 научных статей, 7 интернет ресурсов, схема территориального планирования и государственный доклад.

ГЛАВА I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

1.1 Теоретические основы моделирования урожайности сельскохозяйственных культур

Условием эффективного развития сельского хозяйства является выявление факторов, обеспечивающих рост урожайности и валовых сборов. В этой связи существенное значение имеет изучение методологии, позволяющей проводить исследования в контексте современных требований науки. Вопросы выявления статистических взаимосвязей и зависимостей, обоснования применения тех или иных аналитических приемов и методов по выявлению факторов формирования и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур неоднократно поднимались в разных научных исследованиях. Различные концепции нашли отражение в трудах отечественных и зарубежных авторов. Имеющаяся база теоретических и практических разработок по исследованию факторов роста урожайности сельскохозяйственных культур и объемов производства сельскохозяйственной продукции требует постоянного совершенствования методического сопровождения и аналитического мониторинга.

Урожайность – отражает действительный уровень интенсификации сельскохозяйственного производства. Планирование и прогнозирование уровня урожайности сельскохозяйственных культур помогает качественно увеличить такие показатели как себестоимость, производительность труда, рентабельность.

В современной науке нашли применение вероятностные, трендовые, регрессионные, факторные и оптимизационные модели, используемые для оценки изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур.

Построение трендов возможно наиболее распространенный метод выявления тенденций урожайности сельскохозяйственных культур. В отличие от трендов, факторные модели характеризуют связи между результативным признаком и факторами, влияющими на него. На основе корреляционно-регрессионного анализа можно строить одно- и многофакторные модели.

Фактическая урожайность культуры зависит от многих агрономических и природно-климатических факторов. Первые из них связаны с сортами культур, удобрениями, гербицидами, методами обработки семян и др. Вторые факторы включают в себя условия климата и плодородия почв.

В научных работах и статьях различных авторов за последние 10 лет рассматриваются разнообразные приемы моделирования урожайности сельскохозяйственных культур.

Например, Гриднева И.В., Федулова Л.И. (Воронежский государственный аграрный университет) рассматривают прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур по марковским цепям, в основе которых экстраполяция тенденций и анализ урожайности путем группировки участков с различной урожайностью для последующего анализа вероятности их перехода из одной группы в другую в динамике. Для этого строится стохастическая модель прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур, учитывающая влияние случайных факторов. Все вычисления по этой модели выполнялись с помощью компьютерной программы Mathcad и позволили спрогнозировать урожайность на среднесрочный период (5 лет) с учетом погодных факторов. [21]

Низомов С.С. (Башкирский государственный аграрный университет) в своей статье об урожайности зерновых культур с помощью статистического моделирования рассматривает методы корреляционного, регрессионного и кластерного анализа, что дает возможность определять перспективную урожайность для определенных кластеров сельскохозяйственных предприятий, аналогичных по своим признакам. Модельные конструкции помогают исследовать

уровень и характер воздействия того или иного параметра на урожайность сельскохозяйственных культур и оценить ее вероятный уровень для конкретных сельскохозяйственных предприятий. В работе исследуется влияние на урожайность зерновых культур показателей – фондооснащенности, экономической оценки пашни, баллов бонитета, удельного веса семян, удельный вес зерновых культур в общей посевной площади, внесение минеральных удобрений. Итогом является вывод, что применение методов статистического моделирования позволяет выявить резервы роста основных показателей, показывающих устойчивость сельскохозяйственного производства, что, в свою очередь, помогает отыскивать пути эффективного решения проблем и устойчивого развития аграрной сферы сельских территорий. [23]

Ученые-экономисты - Сидоренко О.В., Бураева Е.В. (Орловский государственный аграрный университет) при изучении факторов роста урожайности зерновых культур так же с помощью кластерного анализа и методов многомерного статистического моделирования проводят собственные исследования в данной предметной области. В результате разработки научно-экономических обоснований зонального размещения производства зерновых культур в зависимости от природных условий ими был применен кластерный анализ (с помощью универсальной интегрированной системы Statistica 10.0., предназначенной для статистического анализа и визуализации данных). Объектами кластеризации являются муниципальные районы, признаками – значения показателей, отражающих особенности природно-климатических условий зонального размещения муниципальных районов области, экономические факторы и показатели урожайности зерновых.

Методы кластерного анализа, характеризующие технику и порядок формирования кластеров принято подразделять на две группы: иерархические и неиерархические. При этом каждая из них содержит различные алгоритмы и подходы к решению обозначенных проблем, позволяющих получить различные

решения при одних и тех же исходных данных. Проверка существенности кластеризации осуществляется методом дисперсионного анализа (F-критерий).

Применение многофакторного моделирования позволило построить корреляционно-регрессионную модель, выражающая зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от ряда факторов, влияющих на выход зерна с единицы земельной площади. В данном случае использовались такие факторы как фактическая урожайность зерновых, коэффициент устойчивости урожайности, кислотность почвы, содержание фосфора, калия, гумуса в почве, бонитет почвы, количество внесенных минеральных и органических удобрений, выручка на 1 га посевной площади, доля бюджетных средств в рамках финансирования мероприятий Госпрограммы на поддержку зерновой отрасли. При сравнении фактических и расчетных в результате моделирования уровней урожайности в разрезе сельскохозяйственных организаций показало, что более 55% изучаемых недоиспользуют имеющиеся возможности для получения максимальной урожайности. [25]

С точки зрения моделирования потерь урожая, обусловленные изменчивостью условий произрастания растений в пространстве интересна статья Благовещенского Ю.Н. и Самсоновой В.П. (Московский государственный университет, факультет почвоведения). Они считают, что среднее значение фактора зачастую может создавать иллюзию благополучных условий урожайности, тогда как в действительности на отдельных полях и участках полей возможны потери как от недостатка, так и от избытка тех или иных условий и факторов. В работе предложена модель, учитывающая несимметричность функции отклика растений на внешние условия и статистическое распределение значений влияющего фактора на поле или его часть. При моделировании пространственной изменчивости почвенных свойств исходили из представления о поле, состоящем из однородных частей, которые отличаются друг от друга значением лишь одного свойства. Функции отклика культуры предполагают, что при увеличении значений фактора урожайность вначале быстро возрастает, а затем,

после достижения некоторого максимума, либо остается постоянным, либо начинает уменьшаться. Авторы считают, что применяемые уравнения зачастую не учитывают уменьшение урожайности при избыточных значениях фактора, имеют лишь симметричную относительность, поэтому предлагают рассматривать степень возможной несимметричности функции отклика для моделируемой ситуации, как наиболее влияющую на конечный результат – урожайность. [15]

Поскольку на урожайность сельскохозяйственных культур влияет множество факторов, данная характеристика, как правило, не является детерминированной величиной. В общем случае, урожайность сельскохозяйственных культур является либо неопределенной, либо вероятностной величиной. Ввиду неоднородности многолетних рядов урожайности сельскохозяйственных культур возможен анализ коротких выборок. Эти особенности позволяют оценивать исследуемую характеристику в условиях недостаточной информации.

Такой подход представлен в работе Астафьевой М.Н. (Иркутская государственная сельскохозяйственная академия), которая полагает, что от значений коэффициента автокорреляции зависит выбор методов, используемых для моделирования исследуемой характеристики. Наличие значимых внутрирядных связей позволяет применять авторегрессионные модели, которые во многих случаях позволяют прогнозировать значения урожайности с заблаговременностью один год, что подтверждают методы ретроспективного предсказания. [14]

Важным при изучении выбранной темы выпускной квалификационной работы обратиться к исследованиям, проведенным на территории Республики Татарстан. Примером могут служить результаты работ по прогнозированию урожайности яровой пшеницы в Лаишевском муниципальном районе по методу наименьших квадратов (авторы – Аввакумов О.В., Лукманов А.А., Давлятшин И.Д.). За основу принят опыт прогнозирования урожайности культур на основе статистических параметров урожайности культур через их скользящие средние. В работе анализируются результаты прогнозирования урожайности яровой

пшеницы по обеспеченности элементами питания - фосфором и калием, внесённому количеству удобрений и агроклиматическим показателям (сумме осадков и средней температуре за вегетационный период). Анализ проводился на фоне регулярного действия фактора возрастания урожайности, связанного с совершенствованием технологии сельскохозяйственного производства, улучшения почвенных показателей, вызванных планомерным внесением удобрений. Временные и производные ряды обрабатывались методами математической статистики, с применением корреляционно-регрессионного анализа и метода наименьших квадратов с помощью ПО MatLab и ПО Statistica. Дисперсионный анализ временных рядов показал тесную корреляционную связь влияния факторов на вариацию урожайности яровой пшеницы, что дало основание для дальнейшего статистического моделирования урожайности объекта исследований. Статистический анализ и моделирование показывают, что главным критерием прогнозирования урожайности яровой пшеницы в данном случае является обеспеченность почвы подвижными макроэлементами питания, а повышение плодородия пахотных почв и соответственно рост продуктивности почв реализуется в условиях положительного баланса элементов питания. [13]

Отдельный блок вопросов связанных с моделированием урожайности с помощью методов математической и статистической обработки информации затронули в своих работах Васильев Е.П. и Орешков В.И. (Рязанский государственный агротехнологический университет), которые исследовали данную предметную область в рамках точного земледелия. По их мнению, ключевым этапом точного земледелия является аналитическая работа с информацией о возделываемых участках, их физических свойств, получаемой с помощью спутниковых приборов и картографических материалов, результатами агрохимического обследования почв, изучение урожайности полей и культур. Такой анализ данных позволяет выявить зависимости, которые позволят обнаружить зависимости и влияние тех или иных агрохимических и агрофизических характеристик на урожайность. Знание таких зависимостей позволяет принимать реше-

ния о целесообразности проведения мероприятий, направленных на повышение урожайности, их объем и локализацию.

В основе ассоциативного анализа лежит поиск ассоциативных правил, которые устанавливают и количественно описывают связи между появлением событий, объектов и явлений предметной области. Ассоциативные правила работают с данными специфического вида – транзакциями, которые содержат группы связанных элементов (событий, объектов, явлений, предметов). Задачей ассоциативного анализа является обнаружение зависимостей между уровнем урожайности и значениями агрохимических показателей.

Для ассоциативных правил невозможно указать выходные и входные переменные, а только условия и следствия, комбинации которых отражают ситуации, возникающие в некоторых процессах. При этом одни и те же элементы многократно появляются в ассоциативных правилах и в качестве условия, и в качестве следствия. Выходом систем поиска ассоциативных правил являются показатели значимости обнаруженных ассоциаций – поддержка и достоверность. На основе этих показателей аналитик принимает решение о том, стоит ли руководствоваться данным правилом в практической деятельности.

Ассоциативно-аналитическая модель состоит из двух частей: генератора правил, где реализуется какой-либо алгоритм поиска ассоциативных правил (например, априори), который формирует ассоциации и оценивает их значимость на основе поддержки и достоверности, и подсистемы отбора правил, где определяются входные и выходные переменные, характер зависимости между ними.

Практическое использование ассоциативной модели возможно двумя способами – в режиме исследования и в режиме предсказания. В режиме исследования аналитик подает на вход модели различные комбинации значений элементов в условии, исследуя, как поведет себя значение в следствии. Таким образом, например, можно выяснить, как будет вести себя урожайность при изменении агрохимических показателей и на основе полученных зависимостей вы-

работать рекомендации по рациональному использованию удобрений, средств защиты растений, орошения и т.д. Для этого аналитик выбирает значения признаков и вводит их в условие. При этом модель подбирает к заданному условию следствие, в соответствии с правилом, имеющим наибольшую поддержку. В режиме предсказания на вход подается набор значений входных признаков, зафиксированных в строке ведомости агрохимического обследования, и модель формирует на выходе значение урожайности в соответствии с правилом, имеющим наибольшую поддержку. [20]

Так же данными авторами (Васильев Е.П. и Орешков В.И) рассмотрена возможность применения метода совокупности доказательств для построения бинарных классификационных моделей урожайности на основе данных агрохимического обследования почв. На основе ведомости агрохимического обследования для каждого измеренного показателя были вычислены коэффициенты WoE и информационные индексы, на основе которых определены характер зависимости бинарной переменной класса от агрохимических свойств участков, а также значимость (сила) каждого показателя в рамках классификационной модели. Предложен способ разбиения на интервалы для вычисления коэффициентов WoE как поиск компромисса между их равномерным заполнением, что обеспечивает наибольшую интерпретируемость модели, и максимизацией информационного индекса.

WoE-анализ представляет собой простой в использовании, понимании и интерпретации метод моделирования многомерных данных с целью обнаружения связей между бинарной выходной переменной класса (урожайность) и набором входных переменных (агрохимических показателей), на основе распределения относительных частот появления положительных и отрицательных исходов по диапазону изменения входной величины. Он позволяет обнаруживать значимость влияния признака на переменную класса и исключать наименее значимые признаки, сокращая размерность исходных данных, упрощая их интерпретируемость и дальнейшую обработку. [19]

Рассматриваемое в рамках данной квалификационной работы моделирование урожайности рапса не получили должного отклика в научных статьях и работах, по всей видимости потому что рапс является довольно молодой культурой, возделывающейся в России. В электронной библиотеке elibrary.ru на данную тематику имеются научные статьи белорусских и украинских авторов, которые в своих работах так же опираются на линейные модели созданные при помощи методов регрессионного и кластерного анализа. [17,24]

Подводя итог обзору научных исследований и практических приемов моделирования урожайности сельскохозяйственных культур можно сделать вывод об огромном интересе исследователей и разных подходах к методам моделирования.

Предлагаемые модели позволяют не только оценивать ее потенциальный уровень для площадей с определенными агрохимическими параметрами, но и исследовать степень и характер влияния того или иного параметра на урожайность.

В рамках данной выпускной квалификационной работы будут использованы исследования вышеуказанных авторов в части имеющихся сведений о методах моделирования и обработки данных, программных средствах вывода и интерпретации результатов.

1.2 Практические приемы моделирования урожайности сельскохозяйственных культур

Максимальная урожайность культуры зависит не только от потенциала сорта, но и от погодных условий, распространения вредителей и болезней, агротехнических мероприятий, удобрений, гербицидов и др. Самая распространенная модель урожайности сельскохозяйственных культур связана с определением плодородия почв. Сделаем небольшой обзор современных способов и

методов моделирования урожайности на практике с помощью компьютерных технологий, электронных приборов и спутниковых снимков.

Актуальным на сегодняшний день являются два основных направления исследований в области мониторинга урожайности:

- математическое моделирование процессов роста и развития растений с помощью прикладных программ;
- изучение спектрально-отражательных характеристик для дистанционного определения биофизических параметров растений, которые можно контролировать инструментально в подспутниковых наблюдениях. [16]

Построение и реализация моделей урожайности является сложной задачей, поскольку требует учета большого количества агрохимических и агрофизических факторов, которые характеризуются высокой степенью взаимных связей, обычно сложных и нелинейных. Например, известно, что высокая кислотность почв не только сама по себе негативно влияет на рост растений, но и ухудшает усвояемость ими содержащихся в почве макроэлементов (азота, фосфора, калия). Поэтому внесение одного и того же количества удобрений на участки с различной кислотностью даст совершенно различный результат

Азот это один из главных химических элементов, необходимых для роста и развития растений. Он участвует в питании, фотосинтезе и образовании новых клеток. Азот содержится в атмосфере и в органическом веществе почвы (гумусе), но большинство растений не усваивают его напрямую. В природе азот переходит в доступную для растений форму при разложении (минерализации) гумуса.

Для контроля за ростом и развитием сельскохозяйственных культур на поле, фермеры применяют разные виды азотных удобрений. При этом нехватка подкормки снижает урожайность, а ее избыток накапливается в растении, плодах и вымывается из почвы в грунтовые воды, что вредно для человека и окружающей среды. Однако определить необходимую норму азотных удобрений поля непросто.

Во-первых, азот это мобильный элемент почвы - его содержание на участке поля изменяется с течением времени. Как правило, азотные удобрения вносят либо до, либо сразу после посева. Для некоторых растений, например, рапса, кукурузы и зерновых культур, делают еще несколько подкормок после основного внесения. Во-вторых, разным видам растений нужно разное количество азота. Одна из наиболее требовательных культур - рапс, а лён — одна из самых неприхотливых.

Эти проблемы решает дифференцированное внесение азота, которое предполагает использование разного количества удобрений на разных участках поля. Например, в точном земледелии применяют два метода определения необходимой нормы подкормки — по круговороту азота и по состоянию растений. [33]

Моделирование круговорота азота. Для использования этого метода нужно знать четыре характеристики поля.

1. Пространственное распределение гумуса. Чтобы узнать этот показатель, проводят агрохимическое обследование почвы. Отобранные образцы отправляют в лабораторию на анализ и по результатам строят карту распределения гумуса по полю.

2. Гранулометрический состав почвы. Чтобы узнать относительное содержание частиц разных размеров на участке поля, используют карты почвенного обследования в масштабе 1:10000 и ниже.

3. Температуру и влажность почвы. Эти показатели могут сильно изменяться в границах поля, поэтому нужно учитывать рельеф и данные метеодатчиков.

4. Потребление азота растениями. Современные технологии позволяют оценивать этот показатель по вегетационному индексу для участка поля, который измеряют на основании спутниковых снимков.

На основании этой информации специальные программы создают карту с рекомендациями по нормам внесения азота для разных участков поля. Это точ-

ный метод, который не требует физического измерения доступного для растений азота в почве. Значит, фермер может принимать решение о необходимых нормах удобрений не выезжая в поле. Главный недостаток состоит в том, что измерение распределения гумуса по полю, а также влажности и температуры почвы — это все равно необратимый дорогостоящий и долгий процесс.

Моделирование по состоянию растений. Фактическое состояние всходов оценивают двумя способами – по спутниковым снимкам или по датчикам на сельскохозяйственной технике.

Чтобы получить изображение своего поля со спутника, фермер использует платные компьютерные программы или обращается к специализированным фирмам. На основании снимков вычисляют вегетационные индексы для разных участков поля, и затем создают специальную карту или файл с заданием для сельскохозяйственной техники. Этот метод позволяет фермеру оценить состояние своего поля в общем. Главный недостаток - зависимость от облачной погоды. Снимки актуальны в течение двух недель, и иногда из-за облаков на протяжении этого периода невозможно измерить вегетацию и построить зоны на поле.

Если у фермера установлены датчики на тракторе, то после выполнения полевых работ он получает точные данные о каждом участке, а значит, легко определяет необходимую норму удобрений. Главный недостаток этого метода - высокая цена самих датчиков.

Экономичное решение в определении необходимой дозы азотных удобрений найдено в ряде стран с помощью современных компьютерных программ, которые на основании спутниковых снимков поля рассчитывают норму для дифференцированного внесения азотных удобрений. Для этого программа выделяет три относительные зоны с высоким, средним и низким вегетационными индексами. На основании этой информации программа автоматически создает файл с заданием для бортового компьютера сельскохозяйственной техники.

Фермеру остается только загрузить информацию на электронный носитель, передать на трактор и выйти в поле.

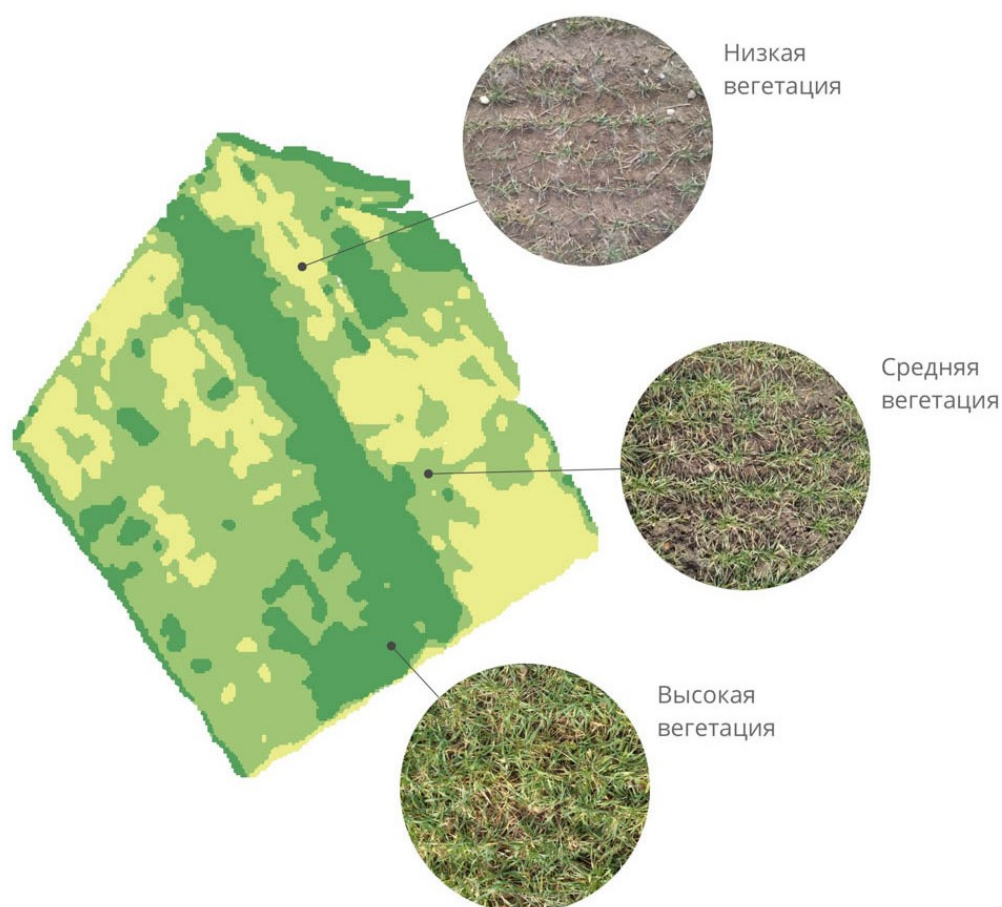


Рисунок 1.1 – Фрагмент спутникового снимка с отображением вегетационных индексов

О чем говорят вегетационные индексы (рис. 1.1). [33]

1) Высокий вегетационный индекс — меньше удобрений. Часто высокий вегетационный индекс говорит о насыщенности почвы азотом. Чтобы избежать полегания зерновых культур и снизить выделение азота в окружающую среду, на таких участках рекомендуется уменьшать норму удобрений.

2) Средний вегетационный индекс — больше удобрений. Зона со средним вегетационным индексом может дать высокий урожай, но зачастую азота на таком участке недостаточно для растений. В таких случаях рекомендуется увеличить дозу удобрений.

3) Низкий вегетационный индекс – надо искать причину. Самые сложные и интересные – зоны с низким вегетационным индексом. Очень сложно отличить азотное голодание растений от нехватки воды или серы.

Калий и фосфор наряду с азотом – главные элементы питания растений. Калий играет важную роль в синтезе белков, стимулирует фотосинтез и повышает способность растений переносить заморозки. Фосфор обеспечивает энергетические процессы в клетках растений, помогает росту корней и влияет на качество семян.

Фосфор и калий, в отличие от азота, накапливаются в почве. А значит, за счет повышения нормы удобрений фермер может увеличить их концентрацию на участке. Но для каждой культуры существуют свой оптимальный уровень содержания фосфора и калия в почве – после его достижения, эти элементы перестают усваиваться растениями. Иногда их высокое содержание сказывается отрицательно: например, при чрезмерном содержании калия растения хуже усваивают магний и кальций. Чтобы экономить деньги и собирать высокие урожаи, важно точно рассчитывать нормы удобрений для поля.

Большинство методик расчета удобрений основывается на измерении содержания питательных элементов в почве и на расчете планируемой урожайности. По ней фермер оценивает вынос питательных элементов, то есть то, сколько заберут растения из почвы. Зная объем выноса, можно рассчитать ту дозу удобрений, которая обеспечит нужный уровень питательных элементов.

Обычно придерживаются следующей логики:

- Если содержание фосфора и калия ниже оптимального значения, то вносить удобрений нужно больше, чем прогнозируемый вынос
- Если содержание фосфора и калия выше оптимального значения, то нужно вносить удобрений меньше, чем прогнозируемый вынос.

Звучит просто, но проблема заключается в том, что содержание питательных элементов и урожайность сильно отличаются от участка к участку.

И вновь возвращаемся к исходным данным - оценить содержание фосфора и калия можно только при помощи агрохимического анализа почвы. Это дорогой метод, к тому же отбор почвенных образцов требует времени и предполагает использование специального оборудования. Однако тут тоже всё непросто: существует четкая методика проведения самого анализа, но о том, как правильно, качественно и недорого отбирать образцы, ведутся споры.

Есть два способа как отобрать образцы для агрохимического анализа почвы – точечный и по зонам. В первом случае образец берется в конкретной точке поля. Его координаты фиксируются, и затем на основании лабораторного анализа специалисты делают прогноз о содержании питательных элементов по всему полю. Во втором случае поле делится или на равные прямоугольники, или на зоны, которые выделяют по картам урожайности, рельефа, электропроводности или другим показателям. В каждой из выделенных зон берется смешанный образец почвы.

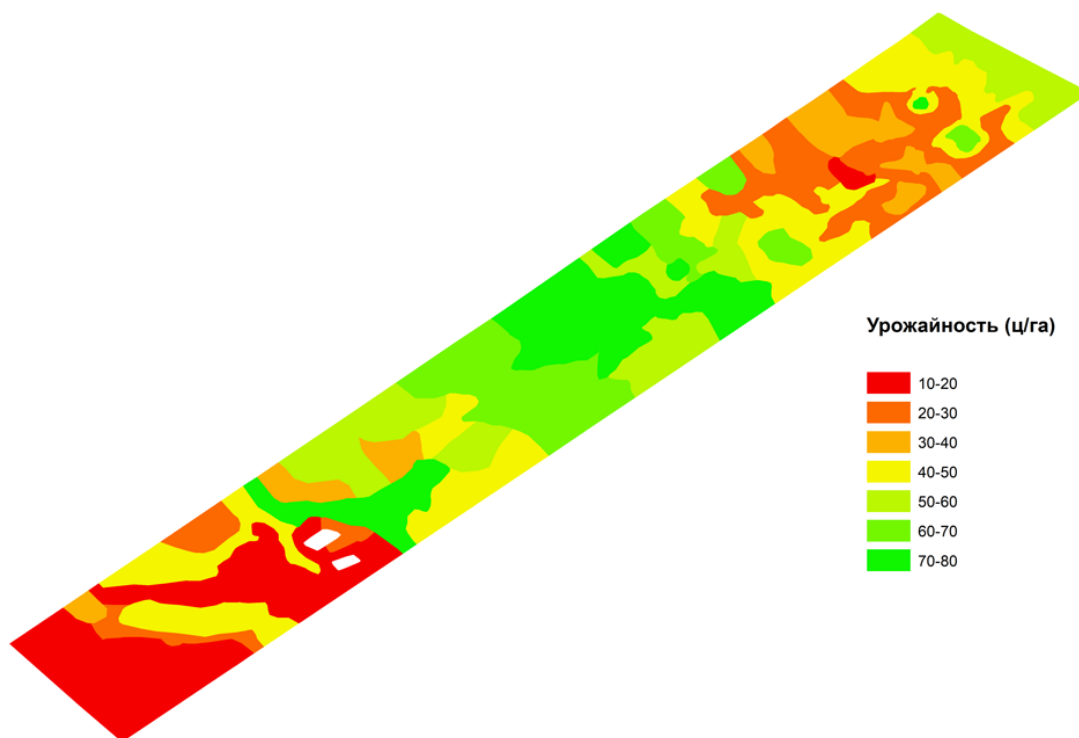


Рисунок 1.2 - Карта урожайности поля по спутниковому снимку

Для решения вопросов, связанных с точностью агрохимических анализов современные исследователи предлагают рассчитывать норму удобрений по предшествующей урожайности. Потому что оценить то, как изменялась урожайность, проще, чем измерить разницу в содержании питательных элементов на участках поля. Многие производители комбайнов оборудуют свою технику специальными датчиками. Они фиксируют массу зерна, которая поступает на элеватор, и привязывают это значение к координатам участка поля. Создается, таким образом, карта урожайности поля (рис. 1.2). [31]

Но и это не самый легкий способ – не у всех есть такие датчики на технике, можно даже предположить, что об их существовании многие не знают. Даже если датчики есть, нужно, чтобы комбайны были откалиброваны, а собранные данные правильно обработаны. На каждом этапе что-то может пойти не так, поэтому сбор данных по урожайности — непростая задача.

Поэтому другим актуальным способом расчета удобрений по предшествующей урожайности является опять же изучение и анализ спутниковых снимков с помощью всё тех же вегетационных индексов на разных стадиях развития растений. По крайней мере, это позволяет смоделировать относительные значения урожайности. Другими словами, спутниковые снимки и вегетационные индексы не покажут сколько центнеров с того или иного гектара было собрано урожая, но по ним точно можно будет определить насколько процентов та или иная часть была продуктивной по отношению ко всему полю. Понятно, что на участках с высокой урожайности вынос питательных элементов больше, а на участках с низкой урожайностью — меньше. Учитывая этот факт, можно точно определить дозу фосфора и калия для каждого участка поля. [31]

При этом стоит помнить, что есть и другие факторы, которые влияют на урожайность. Например, фермер вносит на поле фосфор и калий, рассчитывая на урожайность 30 ц/га, но на отдельных участках из года в год получает 5 ц/га. Вряд ли в этом случае проблема в нехватке фосфора и калия. Недостаток влаги,

низкое содержание гумуса или не оптимальные значения почвенной кислотности также снижают урожайность. Потому важно не просто точно определить норму удобрений, но найти и устранить лимитирующие факторы.

Изучение и применение вышеуказанных методов моделирования урожайности сельскохозяйственных культур и внесения удобрений на основании анализа космических снимков и вегетационных индексов имеет высокий практический интерес, и могут быть рассмотрены в качестве сопоставления результатов теоретических и эмпирических исследований об урожайности культур и влияющих факторов.

ГЛАВА II. ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ЛАИШЕВСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

2.1 Местоположение и ландшафт территории Лаишевского муниципального района

Территория Лаишевского муниципального района относится к Предкамью и расположена по левобережью р. Волги и правобережью р. Камы.

Район занимает выгодное экономико-географическое положение на северо-западе Республики Татарстан, соседствуя со столицей республики – г.Казань, находясь на дорогах, соединяющих запад и восток республики, представляет собой ресурсную (имеет достаточную обеспеченность водными, земельными ресурсами, нерудными полезными ископаемыми) и транзитную территорию.

Южная и западная границы района проходят по Куйбышевскому водохранилищу. Соседними муниципальными образованиями являются Рыбно-Слободский, Пестречинский, Спасский, Алексеевский, Камско-Устьинский, Верхнеуслонский муниципальные районы, город Казань (рис. 2.1).

Административный центр района – г. Лаишево, расположен на берегу Куйбышевского водохранилища, находится в 60 км. от г.Казани.

Площадь Лаишевского муниципального района составляет 209,4 тыс. га. В состав района входят 24 сельских поселений, 1 городское поселение и 69 населенных пунктов.

Лаишевский муниципальный район территориально относится к нескольким ландшафтным районам – Волго-Мешинскому, Южномешинскому возвышенному, Нижнемешинскому возвышенному и Прикамскому возвышенному ландшафтному району.

Ландшафт территории района обусловлен взаимным влиянием общего и местного климата, рельефа, геолого-геоморфологических, гидрологических условий, растительности и животного мира.

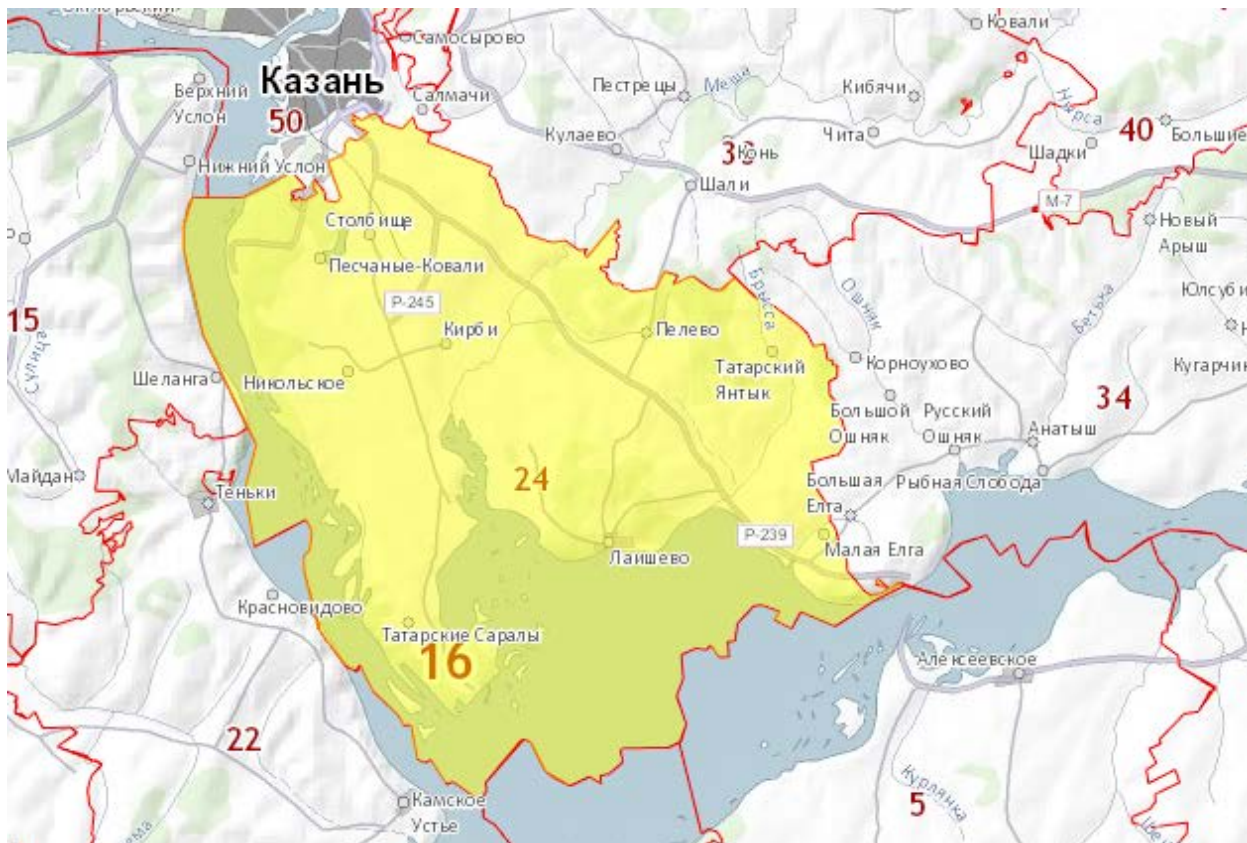


Рисунок 2.1 – Месторасположение Лаишевского муниципального района на кадастровой карте

Процессы урбанизации района сопряжены с нарушением составляющих природный ландшафт компонентов. Изменение связей на рассматриваемой территории привело к появлению нового комплекса - антропогенного ландшафта, преобразованного хозяйственной деятельностью человека. По функциональной принадлежности на рассматриваемой территории выделяются промышленно-селитебный, сельскохозяйственный и рекреационный типы ландшафта.

2.2. Климатическая характеристика Лаишевского муниципального района

Лаишевский муниципальный район относится к климатическому подрайону II В - холодная зима, жаркое лето, короткие переходные сезоны (весна, осень), поздние весенние и ранние осенние заморозки, а также резкие колебания температуры в течение суток и еще больше – в течение месяца.

По данным метеостанции «Лаишево» среднегодовая температура воздуха на территории Лаишевского муниципального района составляет +4,4. Самым теплым месяцем в году является июль со среднемесячной температурой +20,2 (при средней максимальной температуре июля +25,4), самым холодным – январь со среднемесячной температурой -10,9 (средняя температура наиболее холодной части отопительного периода равна -16,4).

Годовой ход температуры по месяцам выглядит плавным, поскольку на нем сказывается влияние Куйбышевского водохранилища (табл. 2.1). [5]

Таблица 2.1

Распределение среднемесячных и среднегодовой температур воздуха, °С

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
- 10,9	-10,8	-4,4	5,2	13,3	18,2	20,2	17,6	11,8	4,9	-3,2	-9,0	4,4

Зима продолжительная и морозная с абсолютным минимумом -42,0. Характерной особенностью климата является быстрое нарастание тепла весной, затяжная осень и большая изменчивость зимних температур.

Продолжительность безморозного периода в среднем составляет 137 дней, наибольшая – 166 дней, причем на этот период приходится значительное количество выпадающих осадков.

Первые заморозки бывают осенью в третьей декаде сентября. Устойчивый переход температуры через 0° к отрицательным температурам происходит

в начале второй декады ноября. Устойчивый снежный покров образуется в конце ноября и лежит на протяжении 145-160 дней. Максимальная высота снежного покрова достигает 30-35 см на открытых участках, а на залесенных повышается до 60 см., глубина промерзания почвы – 100-120 см. Число морозных дней в году составляет около 160.

Заморозки весной заканчиваются во второй-третьей декаде мая. Устойчивый переход температуры через 0^0 к положительным температурам происходит в средней декаде апреля.

Средние месячные и годовые величины влажности представлены в таблице 2.2. [5]

Таблица 2.2

Влажность воздуха, мб

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1,9	1,8	3,0	5,9	8,7	12,4	14,9	13,8	10,2	6,6	3,4	2,5	7,1

Количество осадков, выпадающих в течение года над территорией Лаишевского муниципального района, достигает в среднем 568,5 мм. Изменение количества осадков по месяцам представлено в таблице 2.3. [5]

Таблица 2.3

Среднее месячное и годовое количество осадков (мм)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
42,1	31,4	31,7	31,2	39,9	63,4	60,9	58,2	56,7	60,1	46,8	46,1	568,5

В годовом ходе осадков наблюдается один минимум и один максимум. Максимум отмечается в июне (63,4 мм), минимум – в апреле (31,2 мм). По степени обеспеченности вегетационного периода влагой территория Лаишевского муниципального района относится к зоне достаточного увлажнения. Количес-

во осадков за вегетационный период с температурой выше 10°C составляет около 260-280 мм. Число дней с осадками представлено в таблице 2.4. [5]

Таблица 2.4

Число дней с осадками > 1,0 мм												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
12	9	7	6	7	9	8	9	9	11	11	11	109

2.3. Почвенный покров Лаишевского муниципального района и его плодородие

Почвенный покров Лаишевского муниципального района представлен сочетаниями различных типов, подтипов, видов и разновидностей почвенных разностей. Разнообразие структуры почвенного покрова обусловлено сложностью условий почвообразования, особенностями почвообразующих пород, природно-климатическими условиями.

В соответствии с природно-сельскохозяйственным районированием Лаишевский муниципальный район расположен в пределах возвышенно-увалистого, суглинистого, серолесного округа Предкамской провинции лесостепной зоны и является районом развития серых лесных и светло-серых лесных и в меньшей степени дерново-подзолистых почв.

Серые лесные почвы Лаишевского муниципального района сформировались на делювиальных суглинках и глинах. При распашке почвы имеют серую окраску, комковато-порошистую структуру. Содержание гумуса от 3-5%. Почвы содержат значительные количества валового азота, но недостаточно обеспечены доступными для растений формами калия и фосфора. Среди серых лесных почв в Лаишевском муниципальном районе наиболее распространены светло-серые (40%) и серые (17%) почвы (рис. 2.2). [5]

Почвы светло-серого подтипа обладают низким плодородием и пониженной устойчивостью к антропогенным нагрузкам. Характеризуется наличием гумусового горизонта небольшой мощности (26-33 см) с содержанием гумуса от 1 до 3 %, свободной фосфатной кислоты – до 3 мг на 100 г почвы.

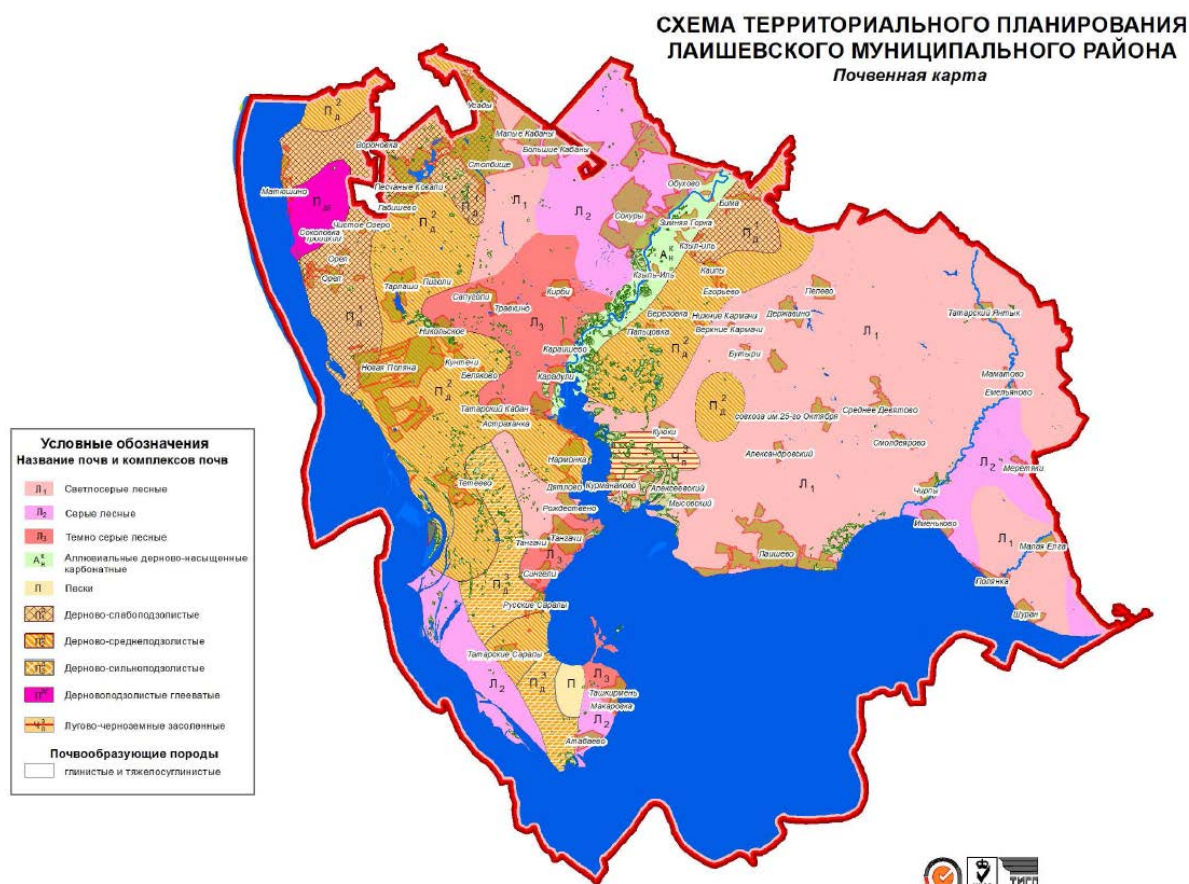


Рисунок 2.2 – Почвенная карта Лайшевского муниципального района

Песчаные дерново-подзолистые почвы встречаются в западной половине района в области волжских террас с содержанием гумуса от 1,8 до 3,5%.

Серые лесостепные (серые, светло-серые, темно-серые) почвы глинистые и тяжелосуглинистые развиты в юго-восточной части района, в левобережье р. Меши и бассейне р. Брыски – в области развития элювиальных и делювиальных суглинков и глин. Наиболее распространены светло-серые лесостепные почвы с содержанием гумуса 2,4-4,2% с кислотностью pH 4,5-5,0. Серые лесостепные почвы развиты на позднечетвертичной террасе р. Камы, а также в рай-

оне сел Столбище и Сокуры (содержание гумуса 2,5-3,5%, pH 4,5). В окрестностях сел Кирби и Тангачи на суглинках и глинах развиты темно-серые лесостепные почвы с содержанием гумуса до 6%, pH 5,5-6,0.

На правобережье р. Меши в районе с.Рождествено узкой полосой на надпойменной террасе распространены выщелоченные черноземы с содержанием гумуса до 10%, pH 5,5-6,5, а к югу от с. Сокуры находятся зернистые пойменные почвы с содержанием гумуса до 7%. Широко распространены дерново-подзолистые почвы с pH до 5,5. Эти почвы нуждаются в сильном известковании. С целью улучшения плодородия необходимо применение минеральных удобрений. [5]

По степени естественного плодородия почвенного покрова почвы района относятся к почвам, обладающим средним плодородием.

По данным Государственного доклада о состоянии и использовании земель Республики Татарстан , среднее содержание гумуса в пахотном слое почв Лаишевского муниципального района составляет 3,0 %. Балл экономической оценки земель, или бонитет почв, - 28,4. [6]

Структура земельного фонда в Лаишевском муниципальном районе представлена в таблице 2.5. [6]

Таблица 2.5

Распределение земельного фонда в Лаишевском муниципальном районе
по категориям и угодьям (тыс.га)

Год	Земли с/х назначения	Земли населенных пунктов	Земли промышленности	Земли особо-охран. территорий	Земли лесного фонда	Земли водного фонда	Земли запаса	Итого:
2008	92,2	8,9	4,2	4,3	31	68,2	0,6	209,4
2009	91,9	9,1	4,2	4,3	31	68,2	0,6	209,4
2010	90,2	10,8	4,3	4,3	31	68,2	0,6	209,4
2011	89,9	11,15	4,3	4,3	31	68,2	0,6	209,4
2012	89,9	11,15	4,3	4,3	31	68,2	0,6	209,4
2013	89,9	11,15	4,3	4,3	31	68,2	0,6	209,4
2017	82,2	17,6	5,6	5,6	31	66,9	0,6	209,4

Наибольший удельный вес в структуре земельного фонда района составляют земли сельскохозяйственного назначения – 39 %. Их количество уменьшилось по сравнению с 2008 г. на 5% или 10 тыс. га, а земли населенных пунктов увеличились почти в 2 раза на 8,6 тыс. га. В категории земель «особо охраняемых территорий» числится 5,6 тыс. га. В этой категории учитываются земли Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (Сараловский участок), памятники природы. Земли «промышленности, транспорта, связи» также составляют 5,6 тыс. га.

По данным Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан Лаишевский муниципальный район интенсивно распахивался до 2010 года. За последние 10 лет площадь сельхозугодий в Лаишевском муниципальном районе уменьшилась почти на 10 тыс.га, площадь пашни уменьшилась на 11 тыс. га (табл. 2.6), процент распаханности составляет 72,3 %, что немного меньше средней величины этого показателя по Республике Татарстан (в республике 76%).

Таблица 2.6

Площади пахотных угодий сельскохозяйственных предприятий Лаишевского муниципального района (тыс.га)

Год	Площадь категории «земли с/х назначения»	Общая площадь сельхозугодий	Площадь пашни	Процент распаханности
2008	92,2	85,0	65,5	77,1
2009	91,9	84,8	65,4	77,1
2010	90,2	83,1	63,8	76,8
2011	89,9	83,3	61,7	74,0
2017	82,2	75,1	54,3	72,3

В настоящее время большая часть сельхозугодий Лаишевского муниципального района так же остается распаханной. Естественная растительность сохранилась в виде лесных массивов, луговых угодий, расположенных по балкам, крутым склонам, представленных разнотравными растительными ассоциа-

циями, пойменными лугами речных террас, болотами, кустарниками по балкам и оврагам.

Из современных физико-геологических процессов и явлений в Лаишевском муниципальном районе следует отметить оврагообразование, переработку берегов Куйбышевского водохранилища, подтопление и затопление территорий, карстово-суффозионные процессы.

Распространение оврагов крайне неравномерное, определяется морфометрическими (уклон поверхности, длина склонов), геологическими (степень противозерозионной устойчивости, фильтрационная способность), почвенными условиями и уровнем хозяйственного освоения.

Протяженность оврагов и балок составляет более 700 км, а число действующих вершин – 455.

Коэффициент расчлененности и пораженности овражной эрозией составляет $0,9 \text{ км/км}^2$ и $0,42 \text{ шт/км}^2$ соответственно.

Длина оврагов изменяется от первых сотен метров до 10 км, глубина их колеблется в широких пределах: от 1-3 м до 12-15 м и даже более, но преобладают овраги глубиной до 7 м.

Оврагообразование в Лаишевском муниципальном районе получило довольно широкое распространение, в основном, из-за легкой размываемости материалов, слагающих террасы р. Волги (особенно мелких песков и лессовидных суглинков).

Глубокая овражная сеть ориентирована в субширотном направлении – к р. Волге. В паводковое время по тальвегам оврагов происходит сток талых и атмосферных осадков. Местами в бортах оврагов наблюдаются обвалы и оползни.

Растущие овраги в Лаишевском муниципальном районе преобладают. Значительными скоростями вершинного роста отличаются овраги в плиоцен-четвертичных и четвертичных суглинках и глинах в южной части района.

Для обеспечения защищенности пашни и высокопродуктивного агроландшафта необходимо в виде экологического каркаса увеличивать площади защитных лесонасаждений. Кроме посадки защитных насаждений, также необходимо проведение залужения эродированной и деградированной пашни.

Сильную техногенную нагрузку испытывает почвенный покров вблизи промышленных предприятий, автомобильных магистралей, при сжигании органических веществ, а также при внесении минеральных удобрений и применении пестицидов и ядохимикатов.

2.4 Сельскохозяйственное производство в Лаишевском муниципальном районе

Лаишевский муниципальный район – экономически развитый индустриально-аграрный район. В районе развернуто представлено сельское хозяйство, преобладающими отраслями которого являются птицеводство (ООО «Птицекомплекс «Ак Барс», ООО «Птицекомплекс Лаишевский», ООО «Фермерское хозяйство «Рамаевское»,) и животноводство (ООО «Агрофирма «Семиречье», ООО «Хаерби», ООО «Матюшино»). Так же широко представлено растениеводство и овощеводство (ООО «Хаерби», ООО «АФ Нармонка», ООО «Среднее Девятово», ООО «АФ Атабаевская»).

Согласно паспорту АПК, представленному на сайте Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан, общие экономические показатели сельскохозяйственных предприятий Лаишевского муниципального района за 9 месяцев 2018 года следующие (табл. 2.7). [32]

В среднем под урожай 2017 года сельхозпредприятиями района внесено 62,6 кг.д.в./га минеральных удобрений на 1 га посевов (в среднем по республике этот показатель был 67,8 кг.д.в./га). [32]

Таблица 2.7

Общие экономические показатели сельскохозяйственного производства
в Лаишевском муниципальном районе за 9 месяцев 2018 г.

Экономические показатели	Всего
Денежная выручка, всего	707,6 млн.руб.
В т.ч. продукции животноводства	444,3 млн.руб.
В т.ч. продукции растениеводства	263,3 млн.руб.
Денежная выручка на 1 га пашни	13,1 тыс.руб.

Территория Лаишевского муниципального района Республики Татарстан относится к Предкамской агропроизводственной зоне (Предкамье), для которой задачами системы земледелия являются борьба с эрозией, оптимизация агрофизических, агрохимических свойств и повышение микробиологической активности почвы; оптимизация минерального питания растений и контроль фитосанитарной ситуации.

Изучение почвенно-климатических факторов Лаишевского муниципального района Республики Татарстан показывает, что на части территории района, где имеется среднее содержание гумуса от 3-5% и с нейтральной кислотностью почвы возможно возделывание масличных культур – в нашем случае ярового рапса, при условии использования комплексных удобрений с учетом имеющегося плодородия почв. Характерной особенностью климата района является быстрое нарастание тепла весной, затяжная осень, и большая изменчивость зимних температур, что так же благоприятно влияет на возделывание ярового рапса с учетом достаточного времени для подготовки почвы и уборки урожая.

Глава III. МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОГО РАПСА С УЧЕТОМ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ – ОСНОВА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ЛАИШЕВСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

По данным Росстата урожайность ярового рапса в Республике Татарстан в 2011-2015 годы была меньше по сравнению со средней урожайностью данной культуры в среднем по России на 23% (8,8 ц/га РТ, 11,3 ц/га в среднем по РФ). Данные Росстата приведены в Приложении №1. [28]

Сравнительный анализ урожайности рапса по регионам Приволжского федерального округа согласно данным Росстата показывает, что есть регионы (Республика Мордовия, Пензенская область, Ульяновская область), в которых средний показатель урожайности рапса превышает среднюю урожайность по округу и стране в целом. Это позволяет сделать вывод о возможностях Республики Татарстан нарастить показатели урожайности и валового сбора рапса.

Сельскохозяйственные организации выбранного для исследования района не уделяют должного внимания выращиванию рапса, следовательно, попытки культивировать данную культуру на полях Лаишевского муниципального района не приносит какой либо значимой урожайности. Только отдельные экспериментальные года показывают возможности урожайности рапса от 10 ц/га и больше. При этом надо отметить, что потенциал для роста имеется, так же как имеются хозяйства в республике, которые уже сегодня выращивают более 15 ц. рапса с га. Для наглядности Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан представило рейтинг лучших хозяйств по возделыванию рапса в 2017 году (табл. 3.1) [30]

Таблица 3.1

Рейтинг лучших хозяйств по возделыванию рапса в 2017 году

№ п/п	Наименование районов	Наименование хозяйств	Убран. площ.	Урожайность, ц/га
1	Тюлячинский	ООО ОПХ им. Ленина	97	41,7
2	Азнакаевский	ООО АФ "Азнакай"	600	29,5
3	Заинский	ООО "Восток"	324	25,4
4	Ютазинский	ООО "Агро Мир"	691	24,3
5	Сармановский	ООО АФ "Джалиль"	340	24,1
6	Ютазинский	КФХ Вафауллин А.А.	125	23,8
7	Балтасинский	СХПК Кызыл юл	175	23,0
8	Альметьевский	ИП КФХ Маннанов З.Х.	100	23,0
9	Атнинский	СХПК п/з им. Ленина	300	20,9
10	Нижекамский	КХ Земляки	130	20,9
11	Сабинский	ООО «Саба»	747	20,5
12	Буинский	КФХ Идиатуллина М.Г.	100	20,0
13	Менделеевский	КФХ "Хайриев И.Р."	100	20,0
14	Мензелинский	А/Ф "Аняк"	830	20,0
15	Атнинский	СХПК Тан	200	19,5
16	Муслюмовский	ООО ФХ "Сафар"	174	19,3
17	Муслюмовский	ИП Гл. КФХ Сахипгараев Р.Р.	100	19,0
18	Пестречинский	КФХ Хамбилов И.Р.	200	19,0
19	Тюлячинский	ООО Тюлячи Агро	304	18,5
20	Арский	ООО "Агрокомплекс "Ак Барс"	743	18,5
21	Балтасинский	ООО Дуслык	100	18,5
22	Балтасинский	ООО Якты юл	145	18,4
23	Балтасинский	ОООСХПТатарстан	180	18,1
24	Сармановский	ООО АФ "Сарман"	735	17,4
25	Пестречинский	ООО "Пестрецыагрохим"	121	17,1
26	Атнинский	ООО Шахтер	172	17,0
27	Арский	КФХ Габбасов Анас Айдарович	214	16,4
28	Балтасинский	ООО им. Тимирязева	175	16,2
29	Буинский	КФХ Шавалеева Э. Р.	160	16,0
30	Менделеевский	КФХ Махмудов Э.А.	100	16,0
31	Муслюмовский	ООО "А/Ф "Родные края-Туган як"	287	16,0
32	Р.-Слободский	ООО Логос	1037	16,0
33	Тюлячинский	ООО Агролак	163	15,8
34	Буинский	ООО "Коммуна"	145	15,7
35	Атнинский	ООО Тукаевский	190	15,5
36	Балтасинский	ОООСосна	115	15,4
37	Арский	ООО А/Ф "Игенче"	1600	15,3
38	Арский	ООО А/Ф "Кырлай"	412	15,3

Продолжение таблицы 3.1

39	Сабинский	ООО «Симет»	113	15,3
40	Арский	ООО "Тукай"	100	15,2
41	Тетюшский	ООО А/Ф "Нур"	300	15,0
42	Высокогорский	КФХ Зиангиров Х.Х	100	15,0

К сожалению, в этом рейтинге нет ни одного сельхозпредприятия из Лаишевского муниципального района. Видимо это связано с тем, что на полях района в 2017 как и в 2016 году рапс вообще не возделывался - об этом свидетельствуют данные Росстата (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Средняя урожайность ярового рапса по Лаишевскому муниципальному району по годам, в ц/га

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Средняя урожайность, ц/га	-	4,4	4,32	12	4	-	-	12,5
Посевная площадь, га	-	1280	980	50	65	-	-	1402
Валовый сбор, т.	-	1542	1685	600	260	-	-	1977

Но при этом радует, что в 2018 году в отличие от предыдущих 2016-2017 гг. рапс возделывался, и его урожайность в Лаишевском муниципальном районе составила 12,5 ц/га.

Рапс самая лучшая промежуточная культура, которая выдерживает кратковременные заморозки до -8°C и обеспечивает получение дополнительной зеленой массы в поздний осенний период. Зеленая масса рапса содержит мало клетчатки, ее переваримость составляет 70-80%, что значительно выше, чем у других кормовых культур. В 1 кг зеленой массы рапса содержится 0,10-0,15 кормовых единиц и 20-25 г переваримого протеина. Рапс является фитосанитаром полей, уничтожающим гнилостную инфекцию. Он усваивает труднодос-

тупные формы фосфора из глубоких слоев почвы и является прекрасным предшественником для многих культур, особенно для яровой пшеницы. Урожайность яровой пшеницы повышается на 2-3 ц/га, а содержание клейковины на 3-4 процента. [11]

Учитывая высокий потенциал возделывания рапса, в рамках данной выпускной квалификационной работы сделана попытка провести моделирование урожайности ярового рапса с учетом плодородия почв хозяйств Лаишевского муниципального района Республики Татарстан.

Моделирование урожайности рапса должно рассматриваться в рамках концепции точного земледелия, которая подразумевает систему земледелия на базе информационных технологий, обеспечивающая максимально возможный уровень управления неоднородностью процесса формирования урожая сельскохозяйственных культур в пространстве и во времени.[10]

Исходными данными для моделирования урожайности являются данные агрохимического анализа почвы, который является традиционным методом расчета необходимой для поля нормы удобрений по общеизвестным формулам. Он позволяет описать химический состав исследуемой территории по ряду показателей, ключевые из которых - содержание гумуса, фосфора и калия, а также кислотность почвы.

Рельеф влияет на распределение воды и питательных веществ в почве, которые определяют так же влияют на плодородность участков. Урожай и рельеф коррелируют между собой: высокие урожаи чаще бывают в низинах, а средние и низкие урожаи - на возвышенностях.

В качестве примера для моделирования были взяты результаты агрохимического анализа 5 хозяйств Лаишевского муниципального района: ООО «АФ Атабаевская», ООО «АФ Нармонка», ООО «Березовка», ООО «Сэт иле Лаишево», КФХ Исхакова Р.Ш.

Известно, что к почвам яровой рапс предъявляет высокие требования. Они должны быть высокоплодородными и структурными. Лучшими почвами

являются черноземы с высоким содержанием гумуса и элементов минерального питания. Оптимальная реакция почвенного раствора pH 6,0-6,5. [12]

Анализ картограмм содержания гумуса и кислотности почв в вышеуказанных хозяйствах показал, что наиболее подходящими по содержанию гумуса и нейтральными показателями кислотности обладают часть почв хозяйства АФ Нармонка (рис.3.1). Поэтому в моделировании будет использована информация об агрохимическом анализе почвы данного хозяйства, как наиболее подходящие для возделывания рапса.

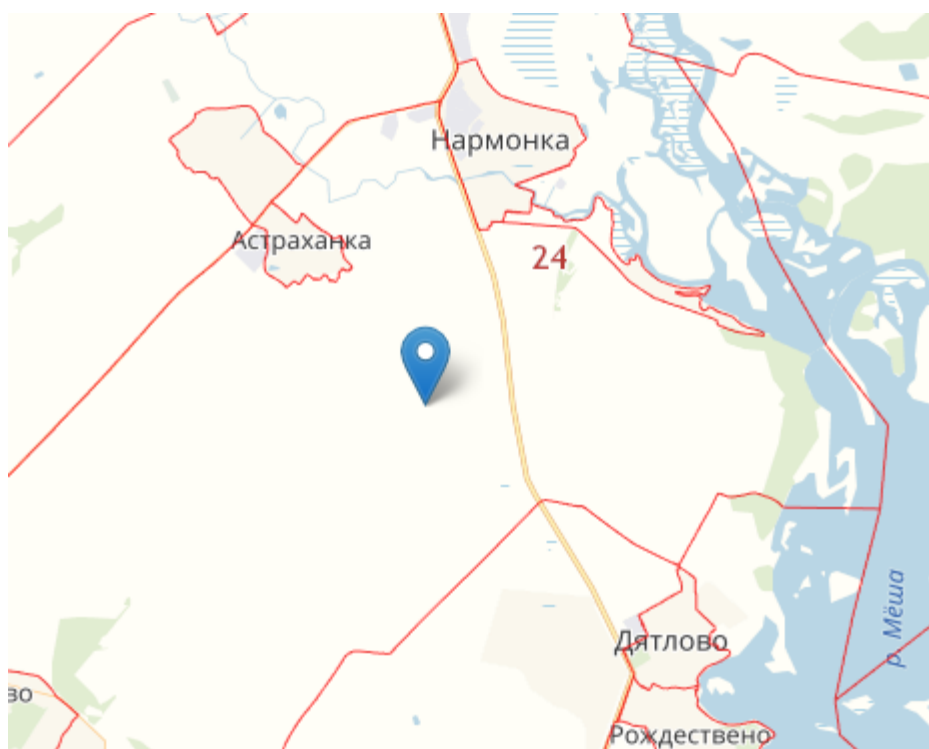


Рисунок 3.1 – Месторасположение полей АФ «Нармонка»

Известно, что для формирования урожая маслосемян 1 т/га яровому рапсу необходимо потреблять следующее количество удобрений: N (азот) — 50 кг; P_2O_5 (оксид фосфора) — 30 кг; K_2O (оксид калия) — 70 кг. Поэтому рекомендуется вносить удобрения в следующем количестве: N - 80-120 кг/га, P_2O_5 - 60-90 кг/га, K_2O - 100-150 кг/га. Калий важен для образования цветков и стручков, а также для обеспечения растений водой. Азот необходим для роста и

развития вегетативной массы растения, для образования стручков и семян. А фосфор - для прорастания семян, образования корневой системы, большей устойчивости против полегания и для созревания семян.

Рапс - культура довольно требовательная к режиму питания, особенно к внесению азотных удобрений. Так, в зависимости от плодородия почвы, для получения урожая 3-4 т/га необходимо вносить 120-200 кг/га азота. Весенние подкормки азотными удобрениями лучше всего проводить дробно в 2-3 приема. При недостаточном же содержании в почве микроэлементов следует вносить микроудобрения.

Потребность рапса в фосфоре намного больше, чем у зерновых культур. Больше всего он поглощает его в период между стеблеванием и цветением. Из всего количества калия, который требуется рапсу, 25-30% поглощается в первые 4-5 недель после всходов. Поглощение калия намного опережает образование сухого вещества в растении. Поэтому требуется достаточно высокий уровень содержания калия в почве. [10]

Так же показателем для высокой урожайности рапса является правильный севооборот и подготовка почвы. Одними из наиболее популярных предшественников рапсу культур выступают озимые зерновые (ячмень, пшеница). Подготовка почвы перед посевом рапса должна быть направлена на сохранение и накопление влаги, борьбу с сорняками и падалицей. очень важно обеспечить условия для быстрого разложения растительных остатков, поскольку большое их количество будет отрицательно влиять на получение равномерных всходов. Ни в коем случае в качестве предшественника рапса нельзя сеять сахарную свеклу или другие крестоцветные (капустные), потому что данные культуры поражаются теми же болезнями, что и рапс.

В качестве способа расчета необходимых норм минеральных удобрений для возделывания ярового рапса обратимся к исследованиям, проведенным в Казанском государственном аграрном университете. Результаты исследований показывают, что на серых лесных почвах со средним содержанием гумуса, под-

вижного фосфора и обменного калия весьма эффективными оказались нормы удобрений, установленные расчетно-балансовым методом на получение от 15 до 25 ц/га маслосемян этой культуры (табл. 3.3). [12]

Таблица 3.3

Расчет норм минеральных удобрений на планируемый урожай ярового рапса 30 ц/га

Показатели	Ед. измер.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос NPK	кг/ц	5,0	3,0	7,0
Вынос NPK	кг/га	150	90	210
Содержание NPK в почве*	мг/кг	28	143	156
Содержание NPK в пахотном слое 0,3 м	кг/га	84	429	468
Коэффициент использования NPK из почвы	%	70	12	25
Поступление NPK из почвы	кг/га	58,8	51,5	117
Необходимо внести NPK	кг/га	91,2	38,5	93
Коэффициент использования NPK из удобрений	%	70	25	60
Требуется NPK	кг/га	155	48,1	149

*По данным картограммы агрохимического анализа почвы

Исходя из имеющихся форм расчета норм внесения удобрений с учетом выноса элементов питания рассчитаем необходимую норму удобрений на один из массивов полей АФ «Нармонка» для плановой урожайности 15 ц/га.

Для этого исходя из картограммы агрохимического анализа внесем в табличный редактор данные о содержании калия и фосфора в почве и площадях полей. По результатам расчетов получим информацию о тех полях, где внесение фосфора и калия требуется и не требуется. Общая формула расчета доз удобрений приведена в Приложении №2. Картограммы агрохимического анализа почвы приведены в Приложениях №3-6.

С целью моделирования урожайности ярового рапса было принято условие Министерства сельского хозяйства РФ о том, что в рейтинг лучших производителей рапса попадают организации имеющие урожайность свыше 15 ц/га. Эта информация будет интерпретирована в моделировании как высокая (свыше 15 ц/га) и низкая (до 15 ц/га) урожайность ярового рапса.

В данной работе рассмотрим метод моделирования урожайности на основе данных агрохимического обследования почв. Этот метод будет рассмотрен с помощью технологии weight of evidence (WoE), которая переводится как совокупность доказательств или «вес доказательства», а также рассчитаем коэффициент корреляции Пирсона и создадим линейную регрессию.

Построение WoE-модели может требует неоднократных экспериментов с целью подбора числа интервалов и выбора способа их формирования, минимального веса интервалов. Поэтому «ручная» реализация WoE-анализа, например в электронных таблицах, может оказаться весьма трудоемкой, особенно на больших массивах данных. Доступной отечественной разработкой, в которой имеется алгоритм реализации WoE-анализа и эффективная визуализация его результатов, является аналитическая платформа Deductor компании Basegroup Labs (www.basegroup.ru). [35]

Рассмотрим внесенную в программу Deductor Studio ведомость агрохимического обследования почв: (табл. 3.4)

- № поля - идентификатор поля;
- Фосфор - среднее содержание фосфора в почве, (мг/100 г);
- Калий - среднее содержание подвижного калия в почве, мг/100 г;
- Площадь - площадь поля в гектарах;
- Урожайность - бинарная переменная, которая принимает значение «Высокая» для урожайности свыше 15 ц/га и «Низкая» - до 15 ц/га;
- План урожайности – предполагаемая средняя урожайность, ц/га – в нашем случае исходя из необходимости либо отсутствия необходимости внесения удобрений обозначим эту величину в пределах до 15 и после 15.

Таблица 3.4

Содержание фосфора и калия на исследуемых полях

	№ поля	Фосфор	Калий	Площадь	Урожайность	План урожай
►	1	135	62	11,9	Высокая	16
	2	129	62	12,5	Высокая	16
	3	96	58	14,2	Низкая	14
	4	102	73	20	Низкая	14
	5	115	62	14,8	Низкая	14
	6	141	83	16,4	Высокая	16
	7	130	65	20	Высокая	16
	8	143	68	20	Высокая	16
	9	118	73	13,4	Низкая	14
	10	109	73	21	Низкая	14
	11	162	80	20,4	Высокая	16
	12	136	47	20,8	Низкая	14
	13	108	62	22,3	Низкая	14
	14	170	105	18,4	Высокая	16
	15	152	87	20,7	Высокая	16
	16	137	95	20	Высокая	16
	17	107	80	18,6	Низкая	14
	18	108	65	18,2	Низкая	14
	19	106	55	16,7	Низкая	14
	20	195	90	18,4	Высокая	16
	21	192	115	20	Высокая	16
	22	176	87	19,7	Высокая	16
	23	159	80	16,7	Высокая	16
	24	161	100	19,9	Высокая	16
	25	140	105	18,3	Высокая	16
	26	209	65	19,7	Высокая	16
	27	261	90	19,5	Высокая	16
	28	363	120	20	Высокая	16
	29	395	105	20	Высокая	16
	30	162	110	19,8	Высокая	16
	31	177	100	16,2	Высокая	16
	32	316	83	13,6	Высокая	16
	33	500	162	20	Высокая	16
	34	232	83	20	Высокая	16
	35	160	68	20	Высокая	16
	36	168	73	21,8	Высокая	16
	37	145	68	18,3	Высокая	16
	38	174	87	21,5	Высокая	16
	39	500	147	20	Высокая	16
	40	185	110	27,6	Высокая	16
	41	371	108	14,1	Высокая	16

На основе этих данных можно построить два типа моделей - численного описания и текстовой классификации. Обе модели в качестве независимых входных переменных используют площадь поля, содержание калия и фосфора.

В случае с моделью численного описания выходной переменной будет урожайность числом, а для классификационной модели - класс урожайности.

Во многих практических приложениях нет необходимости знания точных значений целевой переменной. Для принятия решения достаточно знать общий характер ее зависимости от входных переменных. Кроме этого, классификационные модели более удобны для интерпретации, чем численные, поскольку могут генерировать правила, формируемые на естественном языке [19].

В нашем случае каждое поле с набором данных рассмотрено как эксперимент, исходом которого будет класс урожайности поля (высокая/низкая). Сформированная таблица агрохимического обследования содержит 10 полей с низкой урожайностью и 31 поле с высокой. Предположим, что целью классификации является обнаружение полей с высокой урожайностью для поддержки принятия решений о целесообразности их засева либо планирования соответствующих агротехнических мероприятий. Тогда появление в наблюдении значения переменной класса «Высокая урожайность» будем называть событием, а значения «Низкая урожайность» - не-событием.

С помощью программы Deductor Studio проведем обработку исходной таблицы значений входных и выходных переменных (факторов). В начале обработки система предлагает задать число интервалов для каждой независимой переменной. Сразу стоит отметить, что число интервалов неограниченно выбором самого аналитика. В нашем случае по переменным калий и фосфор было выбрано 5 интервалов, по площади поля 4 интервала. Соответственно, исходя из значений входных факторов, система сгруппировала поля в интервалы, в каждый из которых были включены поля соответствующие изменению переменной в данном интервале. Для каждого интервала система подсчитала количество событий и не-событий. Окно обработки программы Deductor Studio наглядно представлено на рисунках 3.2 и 3.3.

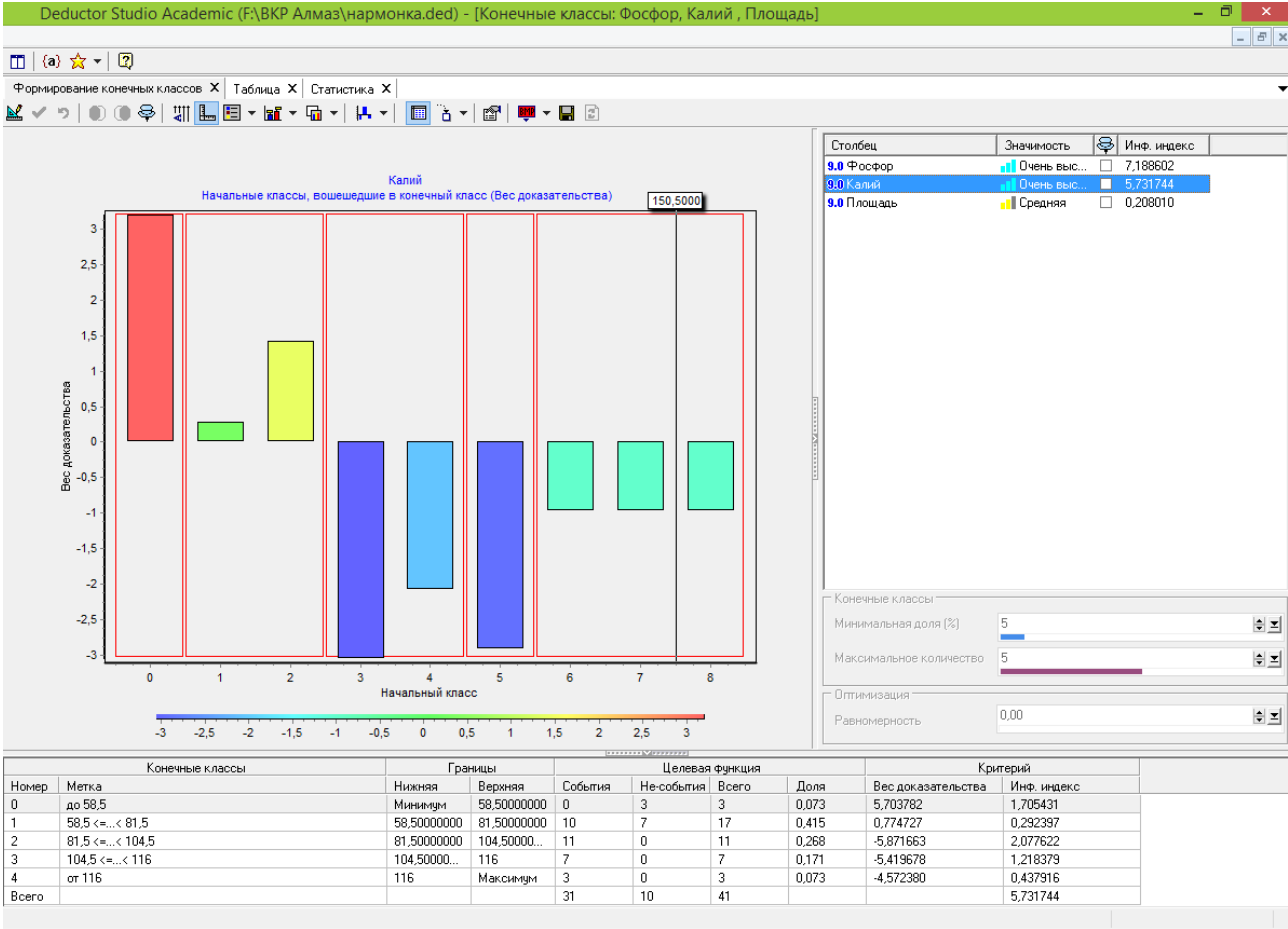


Рисунок 3.2 - Окно реализации WoE-анализа для содержания калия в программе Deductor Studio

Здесь отображается список переменных, на которых строилась модель; диаграмма, где указаны коэффициенты WoE для выделенной переменной; таблица, содержащая границы интервалов, количество наблюдений (событий и не-событий), попавших в каждый интервал, доля каждого интервала, вес доказательства (WoE-коэффициент) интервала и значение информационного индекса.

Доля интервала – это отношение числа наблюдений, попавших в интервал, к общему числу наблюдений.

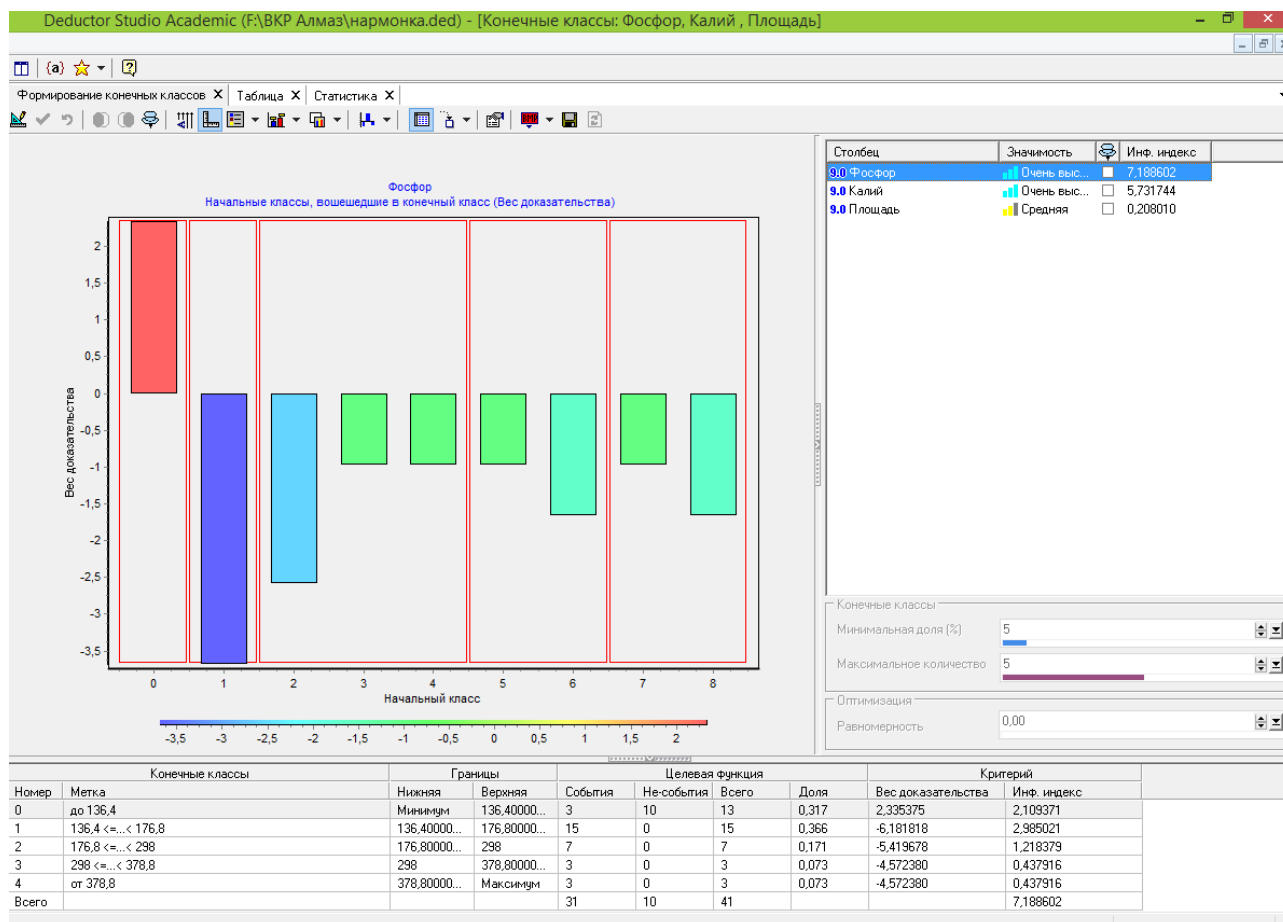


Рисунок 3.3 - Окно реализации WoE-анализа для содержания фосфора в программе Deductor

Полученные результаты показывают, что в случае с калием 1-ый интервал вообще не содержит положительных исходов (т.е. наблюдений с высокой урожайностью), и соответствует низкому уровню содержания калия в почве. В случае с фосфором все не-события, т.е. показатели с низкой урожайностью попали в 1-ый интервал. Последующие интервалы, соответствующие более высокому содержанию калия и фосфора, содержат большую часть наблюдений с высокой урожайностью. При этом числовое значение веса доказательства (коэффициент WoE) для первого интервала в обоих случаях является положительным, а для последующих интервалов - отрицательными. Таким образом, $WoE < 0$ указывает на большую вероятность появления высокой урожайности, а $WoE > 0$ – низкой урожайности ярового рапса.

Таким образом, если перед нами возникнет необходимость исследования нового поля с известными агрохимическими показателями, но с неизвестной урожайностью, то зная содержание калия или фосфора в почве, соответствующее 1-му интервалу, мы сможем смоделировать урожайность как низкую, а если показатели окажутся в других последующих интервалах, то как высокую. Данная модель показывает, что с увеличением содержания калия и фосфора урожайность растет, что согласуется с теорией растениеводства.

Подобные вычисления можно провести в отношении любого показателя, влияющего на урожайность и определить его характер. Но важным в данной модели является определить значимость каждого признака с точки зрения классификации. Для оценки такой значимости введен показатель - информационный индекс, который отражает степень связи фактора (входной переменной) и бинарной выходной переменной.

Для проверки результатов WoE анализа был проведен корреляционный анализ так же с помощью программы Deductor Studio, был высчитан коэффициент корреляции Пирсона. Данный коэффициент показывает существование линейной зависимости между двумя величинами. В нашем случае линейная зависимость была определена между входным значением содержания калия и урожайностью, затем между содержанием фосфора и урожайностью, и, наконец, зависимость площади поля с урожайностью. Чем ближе значение коэффициента корреляции к 1, тем выраженнее зависимость величин. В нашем случае, результаты корреляционного анализа так же подтвердили результаты WoE анализа о том, что содержание фосфора и калия в большей степени влияют на урожайность рапса, нежели площадь поля. (Рисунок 3.4)

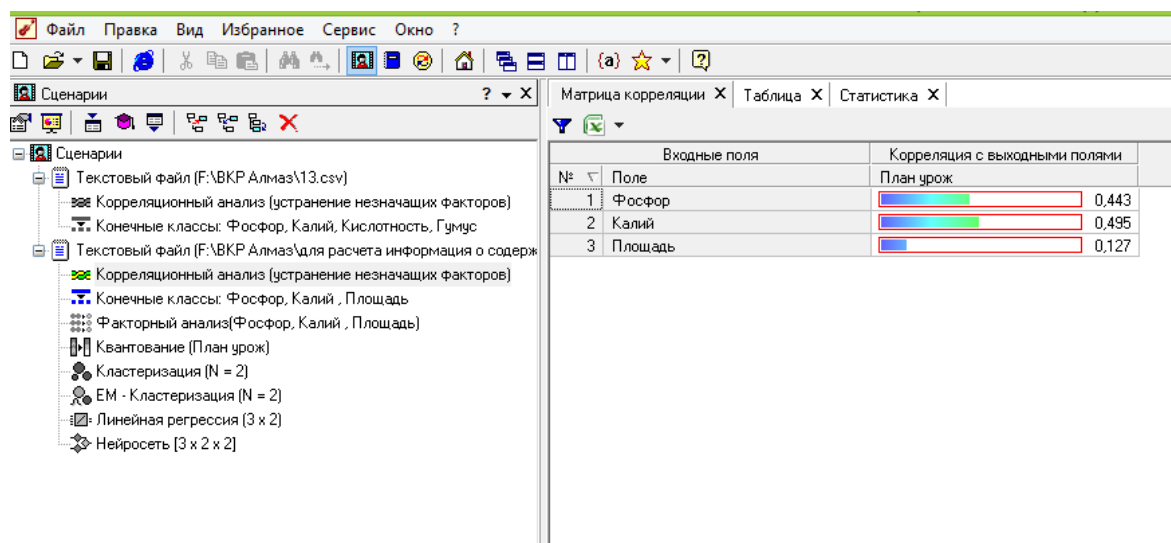


Рисунок 3.4 – Результаты корреляционного анализа

Для большей наглядности обобщим результаты корреляционного анализа и WoE анализа в таблицу 3.5

Таблица 3.5

Обобщенные результаты корреляционного анализа и WoE-анализа урожайности ярового рапса

Показатель	Вес доказатель- ства (среднее значение)	Коэффициент корреляции Пирсона	Информационный индекс	Значимость
Площадь участка, га	0,0987709	0,127	0,208010	Средняя
Калий, мг/100 г	-1,8770424	0,495	5,731744	Очень высо- кая
Фосфор, мг/100 г	-3,6821762	0,443	7,188602	Очень высо- кая

В нашем случае информационный индекс по признакам калий и фосфор имеет значимость с показателем «очень высокая», а площадь поля имеет среднюю значимость, что согласуются с общеизвестными фактами. Учитывая это в модель можно вводить неограниченное количество переменных и тем самым исключать из модели те из них, которые оказывают меньшее влияние.

Коэффициент корреляции ограничен диапазоном от -1 до 1, что не всегда позволяет четко разделить значимые и не значимые факторы. В нашем случае коэффициент корреляции для переменных калий (0,495) и фосфор (0,443) очень близки. В то же время информационные индексы, равные соответственно 5,731744 и 7,188602 имеют значительные различия, что позволяет сделать вывод о том, что содержание фосфора в рассматриваемых полях больше влияет на урожайность рапса.

Благодаря нелинейной обработке при вычислении информационных индексов с помощью логарифмической функции различия в значимости переменных являются более выраженными и легко обнаруживаются.

Средние значения коэффициента WoE показывают на изменение каких агрохимических параметров урожайность будет реагировать наиболее сильно. В нашем случае это содержание фосфора. Поэтому внесение фосфатных удобрений на рассматриваемые поля будут иметь наибольший эффект для повышения урожайности ярового рапса.

В ходе выполнения работ по моделированию урожайности ярового рапса в программе Deductor Studio были так же исследованы другие методы и возможности моделирования. Интересные значения отклонения плановой урожайности получились в ходе построения линейной регрессии. Заданные результаты, что показателем урожайности «Низкая» будет урожайность ярового рапса меньше 15 ц/га, оказались не всегда верными при некоторых входных значениях содержания калия и фосфора. Регрессионная модель показала отклонения величин плановой урожайности, указав, что некоторые не-события все-таки могут быть событиями (имеют показатель высокая урожайность) (рис. 3.5)

Например, на поле №10 мы задали изначально урожайность 14 ц/га с показателем «низкая урожайность», а регрессионный анализ показал, что при таком содержании калия и фосфора на других полях значение урожайности превышают 15 ц/га (значение модели 15,2 ц/га – недобор урожая) и поэтому мо-

дель считает, что на этом поле должна быть высокая урожайность. Такие же отклонения имеются и на других полях.

Таблица сопряженности X Диаграмма рассеяния X Что-если X Обучающий набор X Таблица X Статистика X									
10 / 41									
№ поля	Фосфор	Калий	Площадь	Урожайность	План урожай	Урожайность_OUT	План урожай_OUT	План урожай_ERR	
1	135	62	11,9	Высокая	16	Высокая	15,0869321638469	0,208423218354304	
2	129	62	12,5	Высокая	16	Высокая	15,0820947965109	0,210637490648097	
3	96	58	14,2	Низкая	14	Низкая	14,9941281322378	0,247072685826663	
4	102	73	20	Низкая	14	Высокая	15,2307804204855	0,378705110862639	
5	115	62	14,8	Низкая	14	Высокая	15,0746565262463	0,288721662350958	
6	141	83	16,4	Высокая	16	Высокая	15,3998028294383	0,0900591608875637	
7	130	65	20	Высокая	16	Высокая	15,156291981446	0,177960805143079	
8	143	68	20	Высокая	16	Высокая	15,2132214597495	0,15475511784968	
9	118	73	13,4	Низкая	14	Высокая	15,2222971767914	0,373502597098074	
10	109	73	21	Низкая	14	Высокая	15,243694198285	0,386693814711922	
11	162	80	20,4	Высокая	16	Высокая	15,4019317764594	0,089421400002249	
12	136	47	20,8	Низкая	14	Низкая	14,9217827717893	0,212420869591907	
13	108	62	22,3	Низкая	14	Высокая	15,098093661317	0,301452422256159	
14	170	105	18,4	Высокая	16	Высокая	15,7439910756749	0,0163851423335207	
15	152	87	20,7	Высокая	16	Высокая	15,4862834764878	0,0659761666323733	
16	137	95	20	Высокая	16	Высокая	15,5738188248796	0,045407598067508	
17	107	80	18,6	Низкая	14	Высокая	15,3263702232571	0,43981449228576	
18	108	65	18,2	Низкая	14	Высокая	15,1214486559416	0,314411771978285	
19	106	55	16,7	Низкая	14	Низкая	14,9762694697159	0,238275519374834	
20	195	90	18,4	Высокая	16	Высокая	15,5703933960609	0,046140458570292	
21	192	115	20	Высокая	16	Высокая	15,9142756334554	0,00183716675486899	
22	176	87	19,7	Высокая	16	Высокая	15,5116201550106	0,0596287182479627	
23	159	80	16,7	Высокая	16	Высокая	15,3824067808525	0,0953553460842374	
24	161	100	19,9	Высокая	16	Высокая	15,6711526975252	0,0270351370862408	
25	140	105	18,3	Высокая	16	Высокая	15,706546847242	0,0215286882159045	
26	209	65	19,7	Высокая	16	Высокая	15,252485977388	0,139694303500389	
27	261	90	19,5	Высокая	16	Высокая	15,6565340872399	0,0294922083070353	
28	363	120	20	Высокая	16	Высокая	16,1934183600083	0,00935266549707697	
29	395	105	20	Высокая	16	Высокая	16,028457880209	0,000202462736496998	
30	162	110	19,8	Высокая	16	Высокая	15,8082554732875	0,00919149088105094	
31	177	100	16,2	Высокая	16	Высокая	15,6750715299868	0,0263946276562855	
32	316	83	13,6	Высокая	16	Высокая	15,6037584064488	0,0392518501149967	

Рисунок 3.5 – Фрагмент таблицы значений регрессионной модели из программы Deductor Studio

Данная регрессионная модель позволяет аналитикам увидеть возможные ошибки при подсчете урожайности, связанные либо с гибелью или неполной уборкой урожая с полей либо вовсе говорят об умышленном занижении (завышении) результатов урожайности.

Подводя итог выполненному моделированию урожайности ярового рапса с помощью различных экономико-математических методов стоит отметить, что моделирование производственных процессов в сельском хозяйстве позволяет обосновать стратегию развития конкретного хозяйства на основе повышения достоверности прогнозирования изменения продуктивности сельскохозяйственных культур под влиянием имеющихся значений агрофизических и агрохимических факторов, предполагаемых событий и принимаемых управленческих решений.

ГЛАВА IV. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОГО РАПСА НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ

Средняя урожайность рапса (озимого и ярового) по России в 2017 году достигла 15 ц/га против 11 ц/га в 2016 году. В регионах черноземья собрали по 20-30 ц/га, в Сибири получили хороший урожай в 14-15 ц/га. В результате это позволило собрать в 2017 году рекордные 1,5 млн. тонн по сравнению с 1 млн. тонн в 2016 году.

Поэтому рекордные валовые сборы рапса обеспечили не только комфортное покрытие потребности российских переработчиков, но и привели к рекорду по экспорту. Так, с июля по ноябрь 2017 года вывоз рапса достиг 138 тыс. тонн, тогда как в 2016 году было вывезено за полный сезон 73 тыс. тонн.

Очевидно, что рекордное производство рапса не могло не сказаться на ценах, которые осенью 2017 года опустились до 19,0 руб/кг с НДС, что почти на 25% дешевле сезона 2016 года. Но на конец 2017 года стоимость рапса всё же подросла до 23,0 руб/кг с НДС (хотя и на 13% ниже к аналогичному периоду 2016 года).

Российское рапсовое масло остается высоковостребованным на европейском рынке, также отмечается рост поставок в Китай, особенно с регионов Сибири.

У современных гибридов рапса масличность достигает 48-50%, что немногим меньше, чем у подсолнечника. А по выходу масла с гектара рапс может его даже превосходить. По составу жирных кислот рапсовое масло можно сравнить с оливковым. Поэтому в Европе спрос на рапсовое масло преобладает над оливковым. Кроме того, помимо масла, продуктом переработки рапса является рапсовый жмых - незаменимый источник белка для кормления животных и птицы.

Рапсовый шрот и жмых является все более ориентированным на внутренний рынок, где спрос заметно возрос в последние годы по мере увеличения поголовья свиней и КРС в сельхозпредприятиях. В 2017 году на экспорт ушло всего 20% производимого шрота и жмыха. Средние цены в сезоне 2017-2018 года снижались вслед за стоимостью сырья (14,0-15,0 руб/кг с НДС в декабре 2017 года по ЦФО). [34]

Растущая популярность рапса так же связана с использованием данной культуры для производства биотоплива (биоэтанола). Первичные же растительные отходы рапса (стручки, солома, полова) могут быть использованы как дополнительный источник энергии (топливные пеллеты и брикеты.) и ценное углеродсодержащее природное ежегодно возобновляемое растительное сырье для получения продукции малотоннажной химии.

Из-за сложностей с технологиями возделывания рапс не получает более широкого распространения по сравнению, например, с зерновыми. Однако аграрии, которые не боятся трудностей, считают, что рапс все-таки стоит выращивать, потому что он значительно увеличивает выручку с гектара в круговом севообороте.

Поэтому для расчета экономической эффективности возделывания ярового рапса в рассматриваемой АФ Нармонка обратимся к примерам хозяйств, выращивающих рапс в Республике Татарстан и стабильно получающие по 15-20 и более центнеров рапса с гектара. Одно из них – СХПК «Племенной завод им. Ленина» Атнинского района Республики Татарстан, опыт которого заслуживает изучения и подражания. [26]

На страницах журнала «Аграрная тема» была изложена статья руководителя данного хозяйства о выгоде выращивания рапса и приведены экономические показатели. Возьмем за основу данные показатели для учета возможных расходов при возделывании рапса и рассчитаем экономическую эффективность выращивания ярового рапса применимо к полям АФ «Нармонка», на примере

которых было проведено моделирование урожайности в 3-ей главе настоящей работы.

В журнале описывается, что в СХПК «Племенной завод им. Ленина» на площади 234 га был посеян яровой рапс, расходы на выращивание в 2015 году составили 4 052 тыс.рублей, из которых на минеральные удобрения было потрачено 694 тыс.рублей. Получается, что без минеральных удобрений сельскохозяйственные затраты (СХЗ) составили:

$$\text{СХЗ} = 4052 - 694 = 3358 \text{ тыс.рублей или } 3358/234 = 14,35 \text{ тыс.руб. на 1 га.}$$

С учетом инфляции на 2016 и 2017 год (5,4 и 2,5%):

СХЗ на 1 га составят 15,5 тыс.руб.

Исходя из рассчитанной в 3-ей главе модели, урожайность которой при внесении лишь азотных удобрений и минимума NPK составила 15,5 ц/га, рассчитаем экономическую эффективность на данную урожайность. А также рассчитаем экономическую эффективность возделывания ярового рапса с внесением комплексных удобрений на прогнозируемую урожайность 22,5 га (среднее между 20 и 25 ц/га) и 27,5 ц/га (среднее между 25 и 30 ц/га).

Стоимость азотных удобрений и аммофоски (NPK) посчитана для внесения 120 кг. и 50 кг. на 1 га полей. При стоимости 1 тонны азота (в виде аммиачной селитры) 13000 рублей и аммофоски (NPK) 16000 рублей, общая стоимость вносимых удобрений для планируемой урожайности 15,5 ц/га составит

$$120 \text{ кг.} * 765,4 \text{ га} * 13 \text{ руб.} = 1194 \text{ тыс.руб.}$$

$$50 \text{ кг.} * 765,4 \text{ га} * 16 \text{ руб.} = 612 \text{ тыс.руб.}$$

Стоимость валовой продукции (СВП) рассчитаем путем умножения фактической урожайности на закупочную цену рапса (2100 руб/ц в 2017 году).

Для расчета чистой прибыли (ЧП) от стоимости валовой продукции вычитаем общие затраты:

$$\text{ЧП} = \text{СВП} - \text{ОЗ} \quad (1)$$

Таким образом, получаем следующую оценку экономической эффективности возделывания ярового рапса при урожайности 15,5 ц/га с внесением

азотных удобрений, представленную в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Расчет экономической эффективности для урожайности ярового рапса 15,5 ц/га

Основные показатели для расчета			
Площадь полей	765,4 га		
Урожайность	15,5 ц/га		
Валовый сбор	11863,7 ц		
Закупочная цена ярового рапса	2100 руб/ц		
Стоимость валовой продукции (СВП)	24913 тыс.руб.		
Затраты			
	тыс. руб	На 1 цент., руб.	На 1 га., тыс.руб.
СХЗ без удобрений	11940	1006	15,6
Минеральные удобрения	1806	152	2,4
Всего общие затраты (ОЗ)	13746	1158	18,0
Показатели экономической эффективности			
	тыс. руб	На 1 цент., руб.	На 1 га., тыс.руб.
Чистая прибыль (ЧП)	11167	941	14,6
Себестоимость 1158 руб/ц			
Рентабельность 45%			

Рентабельность определяется по формуле:

$$P=(\text{ЧП}/\text{СВП})*100 \text{ (2)}$$

Себестоимость производства той или иной культуры определяется для того, чтобы рассчитать, сколько рублей прибыли остается в хозяйстве от продажи каждого центнера товарной продукции:

$$C=OЗ/У (3)$$

Такой же расчет произведем для урожайности 22,5 ц/га с условием внесения комплексных удобрений согласно расчету (NPK). Для этого рассчитаем необходимую норму удобрений для урожайности от 20 до 25 ц/га, рассматриваемую 3-ей главе настоящей работы. (Таблица 4.2)

Таблица 4.2

Расчет нормы внесения удобрений для урожайности ярового рапса
от 20 до 25 ц/га

№ поля	Площадь поля	Содержание в почве (мг/кг)		Расчетная норма внесения удобрений для урожайности 25 ц/га		Итого необходимо внести на поле	
		Фосфор	Калий	Фосфор (кг/га)	Калий (кг/га)	Фосфор (кг)	Калий (кг)
1	11,9	135	62	26,4	66,5	314,2	791,4
2	12,5	129	62	28,56	66,5	357,0	831,3
3	14,2	96	58	40,44	73,5	574,2	1043,7
4	20	102	73	38,28	47,25	765,6	945,0
5	14,8	115	62	33,6	66,5	497,3	984,2
6	16,4	141	83	24,24	29,75	397,5	487,9
7	20	130	65	28,2	61,25	564,0	1225,0
8	20	143	68	23,52	56	470,4	1120,0
9	13,4	118	73	32,52	47,25	435,8	633,2
10	21	109	73	35,76	47,25	751,0	992,3
11	20,4	162	80	16,68	35	340,3	714,0
12	20,8	136	47	26,04	92,75	541,6	1929,2
13	22,3	108	62	36,12	66,5	805,5	1483,0
14	18,4	170	105	13,8	-8,75	253,9	
15	20,7	152	87	20,28	22,75	419,8	470,9
16	20	137	95	25,68	8,75	513,6	175,0
17	18,6	107	80	36,48	35	678,5	651,0
18	18,2	108	65	36,12	61,25	657,4	1114,8
19	16,7	106	55	36,84	78,75	615,2	1315,1
20	18,4	195	90	4,8	17,5	88,3	322,0
21	20	192	115	5,88	-26,25	117,6	

Продолжение таблицы 4.3							
22	19,7	176	87	11,64	22,75	229,3	448,2
23	16,7	159	80	17,76	35	296,6	584,5
24	19,9	161	100	17,04	0	339,1	
25	18,3	140	105	24,6	-8,75	450,2	
26	19,7	209	65	-0,24	61,25		1206,6
27	19,5	261	90	-18,96	17,5		341,3
28	20	363	120	-55,68	-35		
29	20	395	105	-67,2	-8,75		
30	19,8	162	110	16,68	-17,5	330,3	
31	16,2	177	100	11,28	0	182,7	
32	13,6	316	83	-38,76	29,75		404,6
33	20	500	162	-105	-108,5		
34	20	232	83	-8,52	29,75		595,0
35	20	160	68	17,4	56	348,0	1120,0
36	21,8	168	73	14,52	47,25	316,5	1030,1
37	18,3	145	68	22,8	56	417,2	1024,8
38	21,5	174	87	12,36	22,75	265,7	489,1
39	20	500	147	-105	-82,25		
40	27,6	185	110	8,4	-17,5	231,8	
41	14,1	371	108	-58,56	-14		
ИТОГО	765,4					13566,2	24472,9

Итого необходимо внести на поля: 13,5 тонн фосфора, 24,5 тонны калия, 92 тонны азота (азот в виде аммиачной селитры остается как в примере с урожайностью в 15,5 ц/га).

Для расчета стоимости внесения удобрений возьмем стоимость каждого удобрения отдельно:

- Фосфор (суперфосфат) 13 т.*35 тыс.руб.=455 тыс.руб.
- Калий (сульфат калия) 24 т.*38 тыс.руб.=912 тыс.руб.
- Азот (аммиачная селитра) 92 т.*13 тыс.руб.=1 196 тыс.руб.

Итого на удобрения расходы составят 2563 тыс.руб. на всю площадь полей 765,4 га. Подведем итог экономической эффективности в таблице 4.4.

Таблица 4.4

Расчет экономической эффективности для урожайности ярового рапса 22,5 ц/га

Основные показатели для расчета			
Площадь полей	765,4 га		
Урожайность	22,5 ц/га		
Валовый сбор	17221,5 ц		
Закупочная цена ярового рапса	2100 руб/ц		
Стоимость валовой продукции (СВП)	36165 тыс.руб.		
Затраты			
	тыс. руб	На 1 цент., руб.	На 1 га., тыс.руб.
СХЗ без удобрений	11940	693	15,6
Минеральные удобрения (NPK)	2563	149	3,4
Всего общие затраты (ОЗ)	14503	842	19,0
Показатели экономической эффективности			
	тыс. руб	На 1 цент., руб.	На 1 га., тыс.руб.
Чистая прибыль (ЧП)	21662	996	26,8
Себестоимость 842 руб/ц			
Рентабельность 60%			

Такой же расчет произведем для урожайности 22,5 ц/га с условием внесения комплексных удобрений согласно расчету (NPK). Для этого рассчитаем необходимую норму удобрений для урожайности от 25 до 30 ц/га, рассматриваемую 3-ей главе настоящей работы. (Таблица 4.5)

Таблица 4.5

Расчет нормы внесения удобрений для урожайности ярового рапса
от 25 до 30 ц/га

№ поля	Площадь поля	Содержание в почве (мг/кг)		Расчетная норма внесения удобрений для урожайности 30 ц/га		Итого необходимо внести на поле	
		Фосфор	Калий	Фосфор (кг/га)	Калий (кг/га)	Фосфор (кг)	Калий (кг)
1	11,9	135	62	41,4	101,5	492,7	1207,9
2	12,5	129	62	43,56	101,5	544,5	1268,8
3	14,2	96	58	55,44	108,5	787,2	1540,7
4	20	102	73	53,28	82,25	1065,6	1645,0
5	14,8	115	62	48,6	101,5	719,3	1502,2
6	16,4	141	83	39,24	64,75	643,5	1061,9
7	20	130	65	43,2	96,25	864,0	1925,0
8	20	143	68	38,52	91	770,4	1820,0
9	13,4	118	73	47,52	82,25	636,8	1102,2
10	21	109	73	50,76	82,25	1066,0	1727,3
11	20,4	162	80	31,68	70	646,3	1428,0
12	20,8	136	47	41,04	127,75	853,6	2657,2
13	22,3	108	62	51,12	101,5	1140,0	2263,5
14	18,4	170	105	28,8	26,25	529,9	483,0
15	20,7	152	87	35,28	57,75	730,3	1195,4
16	20	137	95	40,68	43,75	813,6	875,0
17	18,6	107	80	51,48	70	957,5	1302,0
18	18,2	108	65	51,12	96,25	930,4	1751,8
19	16,7	106	55	51,84	113,75	865,7	1899,6
20	18,4	195	90	19,8	52,5	364,3	966,0
21	20	192	115	20,88	8,75	417,6	175,0
22	19,7	176	87	26,64	57,75	524,8	1137,7
23	16,7	159	80	32,76	70	547,1	1169,0
24	19,9	161	100	32,04	35	637,6	696,5
25	18,3	140	105	39,6	26,25	724,7	480,4
26	19,7	209	65	14,76	96,25	290,8	1896,1
27	19,5	261	90	-3,96	52,5		1023,8
28	20	363	120	-40,68	0		
29	20	395	105	-52,2	26,25		525,0
30	19,8	162	110	31,68	17,5	627,3	346,5
31	16,2	177	100	26,28	35	425,7	567,0
32	13,6	316	83	-23,76	64,75		880,6
33	20	500	162	-90	-73,5		
34	20	232	83	6,48	64,75	129,6	1295,0
35	20	160	68	32,4	91	648,0	1820,0
36	21,8	168	73	29,52	82,25	643,5	1793,1

Продолжение таблицы 4.5							
37	18,3	145	68	37,8	91	691,7	1665,3
38	21,5	174	87	27,36	57,75	588,2	1241,6
39	20	500	147	-90	-47,25		
40	27,6	185	110	23,4	17,5	645,8	483,0
41	14,1	371	108	-43,56	21		296,1
ИТОГО	765,4					22964,1	47113,9

Итого необходимо внести на поля: 23 тонны фосфора, 47 тонн калия, азот в виде аммиачной селитры увеличим на 30% по сравнению с примерами при урожайности ярового рапса в 15,5 и 22,5 ц/га – получится 156 кг/га или 120 тонн на все поля.

Для расчета стоимости внесения удобрений возьмем стоимость каждого удобрения отдельно:

- Фосфор (суперфосфат) $23 \cdot 35$ тыс.руб.=805 тыс.руб.
- Калий (сульфат калия) $47 \cdot 38$ тыс.руб.=1 786 тыс.руб.
- Азот (аммиачная селитра) $120 \cdot 13$ тыс.руб.=1 560 тыс.руб.

Итого на удобрения расходы составят 4 151 тыс.руб. на всю площадь полей 765,4 га.

Учитывая увеличение вносимых удобрений (почти в 2 раза) и необходимость дополнительных подкормок в период вегетации растений (20 % от общего объема удобрений) увеличатся сельскохозяйственные затраты (в основном расходы по транспорту, ГСМ и заработной плате) – примерно на 40%,

$$\text{т.е. } \text{СХЗ} = 11940 \cdot 1,4 = 16176$$

Подведем итог экономической эффективности при урожайности ярового рапса 27,5 ц/га в таблице 4.6.

Таблица 4.6

Расчет экономической эффективности для урожайности ярового рапса 27,5 ц/га

Основные показатели для расчета			
Площадь полей	765,4 га		
Урожайность	27,5 ц/га		
Валовый сбор	21048,5 ц		
Закупочная цена ярового рапса	2100 руб/ц		
Стоимость валовой продукции (СВП)	44202 тыс.руб.		
Затраты			
	тыс. руб	На 1 цент., руб.	На 1 га., тыс.руб.
СХЗ без удобрений	16716	794	21,8
Минеральные удобрения (NPK)	4151	197	5,4
Всего общие затраты (ОЗ)	20867	991	27,3
Показатели экономической эффективности			
	тыс. руб	На 1 цент., руб.	На 1 га., тыс.руб.
Чистая прибыль (ЧП)	23335	1108	30,5
Себестоимость 991 руб/ц			
Рентабельность 52%			

Расчет экономической эффективности возделывания ярового рапса на серых лесных почвах Лаишевского муниципального района Республики Татарстан показал, что возделывание ярового рапса позволяет получить с каждого гектара от 14,5 тыс.рублей чистой прибыли при урожайности 15,5 ц/га и до 30,5

тыс. руб. чистой прибыли при урожайности 27,5 ц/га, рентабельность производства при этом составляет от 45 до 60% с условием правильного подбора полей и их обработки, учета севооборотов и нормированного внесения удобрений.

Для наглядности подведем итоги расчета экономической эффективности возделывания ярового рапса при разной урожайности (табл.4.7).

Таблица 4.7

Показатели экономической эффективности при различной урожайности ярового рапса

Экономические показатели	Урожайность		
	15,5 ц/га	22,5 ц/га	27,5 ц/га
Стоимость валовой продукции, тыс.руб.	24913	36165	44202
Общие затраты, тыс.руб.	13746	14503	20867
Чистая прибыль, тыс.руб.	11167	21662	23335
- Чистая прибыль, тыс.руб. на 1 га	14,6	26,8	30,5
Себестоимость, руб. за 1 ц	1158	842	991
Рентабельность, %	45	60	52

Итоговая таблица показывает, что высокая рентабельность и низкая себестоимость выращивания ярового рапса находится в диапазоне урожайности от 15 до 25 ц/га с учетом применения норм удобрений исходя из состояния почв и их плодородия на основе агрохимического анализа. Увеличение вносимых удобрений почти в 2 раза, несомненно, повышает урожайность ярового рапса, но это только видимая положительная динамика. Увеличение норм вносимых удобрений может привести к нарушению баланса содержания элементов в почве, что повлечет ухудшение плодородия почв в последующие годы.

Реализация маслосемян рапса напрямую на завод только один из вариантов эффективной деятельности хозяйства. Если же, имея свой экструдер и производство, оставлять часть маслосемян на собственное масло и жмых, то можно дополнительно зарабатывать на реализации рапсового масла и получить собст-

венные высокопротеиновые корма для животных.

Интерес к рапсу будет продолжать расти, поскольку выращивание данной культуры остается высококорентабельным. Производство рапса в мире неуклонно растет, и цены на него увеличиваются год от года, как и огромный экспортный потенциал этой культуры.

Создание высокопродуктивных хозяйств является первоочередной задачей современного агропромышленного комплекса, а рост эффективности управления сельскохозяйственным производством будет связан с переходом от методов программирования урожаев, базирующихся на традиционной агрономии, к принципиально новым информационным технологиям и точному земледелию.[22]

ГЛАВА V. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО РАПСА

При возделывании ярового рапса и других сельскохозяйственных культур широко используются минеральные удобрения и пестициды. С одной стороны, они позволяют получить высокие урожаи и сохранить посевы. С другой стороны, эти вещества при неправильном и неграмотном обращении опасны для человека и могут негативно воздействовать на окружающую среду.

Согласно Государственной программы «Охрана окружающей среды, воспроизводство и использование природных ресурсов Республики Татарстан на 2014 - 2021 годы» одним из источников интенсивного загрязнения водных объектов Республики Татарстан являются: поверхностные (ливневые и талые) стоки с сельскохозяйственных земель за счет внесения минеральных удобрений и пестицидов, распахивания земель. [4]

Поэтому при проведении мероприятий по охране водных объектов необходимо обязательно предусмотреть возможности снегозадержания на полях и недопущения поверхностных стоков с сельскохозяйственных полей.

Часто удобрения вносят в количествах, не сбалансированных с потребляемым растениями, поэтому они становятся мощным источником загрязнения почв, сельскохозяйственной продукции, пойменных грунтовых вод, а также естественных водоемов, рек и атмосферы. Применение избыточных количеств минеральных удобрений может иметь следующие негативные последствия:

- 1) Продолжительное внесение минеральных удобрений изменяет свойства и тем самым плодородие почв. Применение удобрений увеличивает кислотность почвы, ведет к потерям гумуса в пахотных слоях почвы.

- 2) Использование чрезмерного количества азотных удобрений приводит не только к загрязнению почв, но и пресные воды нитратами, а воздух оксидами азота. Подобное воздействие обусловлено тем, что сельскохозяйственные

культуры используют только часть питательных элементов, содержащихся в удобрениях.

3) Минеральные удобрения служат источником загрязнения почв тяжелыми металлами. Например, фосфорные удобрения загрязняют почвы естественными радионуклидами.

4) Минеральные и органические удобрения могут изменить подвижность металлов в почве и, следовательно, ограничить их необходимую доступность растениям.

Из всех минеральных удобрений наибольшую опасность для человека представляют азотные удобрения. Чрезмерное применение азотсодержащих удобрений в сельском хозяйстве загрязняет продукты питания и способствует интоксикации живых организмов.

Поэтому в целях качественного сохранения и повышения плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения Лаишевского муниципального района Республики Татарстан необходима реализация мероприятий по оптимизации структуры агроландшафта и восстановлению плодородия почв путем внедрения высокоэффективных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. [5]

Агротехнические мероприятия по сохранению повышению плодородия почв должны включать:

- фитомелиоративные мероприятия;
- противоэрозионная обработка почв;
- задержание снега и регулирование снеготаяния;
- меры повышения плодородия почв;
- агрофизические способы повышения противоэрозионной устойчивости почв.

Фитомелиоративные приемы, осуществляемые с использованием многолетних трав и однолетних культур, должны обеспечивать в комплексе с противоэрозионными приемами защиту почв от эрозии, способствовать восстановле-

нию плодородия смытых и дефлированных почв, повышению продуктивности сельскохозяйственных угодий, расположенных на эрозионно- и дефляционно-опасных землях.

Мероприятия по противоэрозионной обработке почв должны включать: контурную обработку почв, глубокую или комбинированную вспашку, плоскорезную обработку почв с сохранением на поверхности стерни и др. В целях уменьшения площади эродированных земель и повышении плодородия почв предлагаются следующие мероприятия:

- довести площадь защитных лесных насаждений сплошного облесения территории до 25 % от общей площади района за счет деградированных сельскохозяйственных угодий;
- довести площадь защитных лесных насаждений до 5 % от общей площади пашни;
- увеличить площади луговых угодий (пастбищ и сенокосов), а также создать цивилизованную систему ведения лугового хозяйства, в том числе на территории зеленых зон сельских поселений.

К агрохимическим приемам относится применение органических и минеральных удобрений, способствующих развитию мощной корневой системы и лучшему росту растений, улучшению структуры почвы, ее водопроницаемости. Нормы и виды удобрений, сроки и способы их внесения должны быть дифференцированы в зависимости от состояний плодородия почв, степени эродированности почв и времени проявления эрозии. А моделирование урожайности позволяет подобрать правильную норму и место внесения удобрений.

Так же одним из путей экологизации земледелия является замена химической защиты растений на биологическую защиту. Важная роль в этом отношении принадлежит рапсу, так как он является фитосанитаром почвы и повышает продуктивность обрабатываемой пашни.

Если же применение химической защиты растений не избежать, то в целях обеспечения безопасности продукции пчеловодства и охраны пчел от воз-

действия пестицидов обработку полей следует проводить в поздние часы путем опрыскивания наземной аппаратурой.

Указанные мероприятия позволят обеспечить качество окружающей среды, снизить расходы хозяйств, обеспечить население доступной и качественной продукцией сельского хозяйства, помогут организовать комфортный и безопасный труд.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей выпускной квалификационной работе моделирование урожайности рапса рассматривалось с учетом перехода хозяйств на точное земледелие, которая подразумевает систему земледелия на базе информационных технологий, обеспечивающая максимально возможный уровень управления процессом формирования урожая сельскохозяйственных культур.

В ходе написания выпускной квалификационной работы были изучены теоретические основы и практические приемы моделирования урожайности сельскохозяйственных культур.

Обзор научных исследований и практических приемов моделирования урожайности сельскохозяйственных культур показал об огромном интересе исследователей и разных подходах к методам моделирования. В рамках данной выпускной квалификационной работы использованы ранее проведенные исследования в части имеющихся сведений о методах моделирования и обработки данных, программных средствах вывода и интерпретации результатов. В данной работе рассмотрен метод моделирования урожайности на основе данных агрохимического обследования почв с помощью технологии weight of evidence (WoE), которая переводится как совокупность доказательств или «вес доказательства», проведен корреляционный анализ, квантование и бинарная классификация по показателям и критериям роста урожайности культур с помощью WoE анализа, осуществлено регрессионное моделирование. В качестве программы для ввода, обработки и визуализации результатов была использована аналитическая платформа Deductor компании Basegroup Labs (www.basegroup.ru)

Изучение почвенно-климатических факторов Лаишевского муниципального района Республики Татарстан показало следующее. На части территории района, где имеется среднее содержание гумуса от 3-5% и нейтральная кислотность почв возможно возделывание масличных культур – в нашем случае ярового рапса, при условии использования комплексных удобрений с учетом

имеющегося плодородия почв, так как почвы в настоящее время содержат значительные количества валового азота, но недостаточно обеспечены доступными для растений формами калия и фосфора. Характерной особенностью климата района является быстрое нарастание тепла весной, затяжная осень, и большая изменчивость зимних температур, что так же благоприятно влияет на возделывание ярового рапса с учетом достаточного времени для подготовки почвы и уборки урожая.

Учитывая высокий потенциал возделывания рапса, в рамках данной выпускной квалификационной работы сделана попытка провести моделирование урожайности ярового рапса с учетом плодородия почв хозяйств Лаишевского муниципального района. Анализ картограмм содержания гумуса и кислотности почв в части хозяйств района показал, что наиболее подходящими по содержанию гумуса и нейтральными показателями кислотности обладают часть почв хозяйства АФ Нармонка. Поэтому в моделировании использовалась информация об агрохимическом анализе почвы данного хозяйства, как наиболее подходящие для возделывания рапса.

В нашем случае каждое наблюдение набора данных было рассмотрено как эксперимент, исходом которого является класс урожайности (высокая/низкая). Сформированная таблица агрохимического обследования содержит 10 полей с низкой урожайностью и 31 поле с высокой. Целью классификации является обнаружение полей с высокой урожайностью для поддержки принятия решений о целесообразности их засева либо планирования соответствующих агротехнических мероприятий.

Исходя из значений входных факторов, система обработки данных сгруппировала поля в интервалы, в каждый из которых были включены поля соответствующие изменению переменной в данном интервале. Для каждого интервала система подсчитала количество событий и не-событий (высокая/низкая урожайность).

Таким образом, если перед нами возникнет необходимость исследования нового поля с известными агрохимическими показателями, но с неизвестной урожайностью, то зная содержание калия или фосфора в почве, мы сможем смоделировать урожайность как высокую или низкую. Данная модель показала, что с увеличением содержания калия и фосфора урожайность растет, что согласуется с теорией растениеводства.

Важным в данной модели является определить значимость каждого признака с точки зрения классификации. Для оценки такой значимости рассчитан показатель - информационный индекс, который отражает степень связи фактора (входной переменной) и бинарной выходной переменной.

Для проверки результатов WoE анализа был проведен корреляционный анализ так же с помощью программы Deductor Studio, был высчитан коэффициент корреляции Пирсона. Данный коэффициент показывает существование линейной зависимости между двумя величинами. В нашем случае линейная зависимость была определена между входным значением содержания калия и урожайностью, затем между содержанием фосфора и урожайностью, и, наконец, зависимость площади поля с урожайностью. В нашем случае, результаты корреляционного анализа так же подтвердили результаты WoE анализа о том, что содержание фосфора и калия в большей степени влияют на урожайность рапса, нежели площадь поля.

Средние значения коэффициента WoE показывают на изменение каких агрохимических параметров урожайность будет реагировать наиболее сильно. В нашем случае это содержание фосфора. Поэтому внесение фосфатных удобрений на рассматриваемые поля будут иметь наибольший эффект для повышения урожайности ярового рапса.

Интересные значения отклонения плановой урожайности получились в ходе построения линейной регрессии. Заданные результаты, что показателем урожайности «Низкая» будет урожайность ярового рапса меньше 15 ц/га, оказались не всегда верными при некоторых входных значениях содержания калия

и фосфора. Регрессионная модель показала отклонения величин плановой урожайности, указав, что некоторые не-события все-таки могут быть событиями. Данная регрессионная модель позволяет аналитикам увидеть возможные ошибки при подсчете урожайности, связанные либо с гибелью или неполной уборкой урожая с полей либо вовсе говорят об умышленном занижении (завышении) результатов урожайности.

В четвертой главе настоящей работы был проведен расчет экономической эффективности возделывания ярового рапса на серых лесных почвах Лаишевского муниципального района Республики Татарстан при различной урожайности, который показал, что возделывание ярового рапса позволяет получить с каждого гектара от 14,5 тыс.рублей чистой прибыли при урожайности 15,5 ц/га и до 30,5 тыс. руб. чистой прибыли при урожайности 27,5 ц/га, рентабельность производства при этом составляет от 45 до 60% с условием правильного подбора полей и их обработки, учета севооборотов и нормированного внесения удобрений.

При этом высокая рентабельность и низкая себестоимость выращивания ярового рапса находится в диапазоне урожайности от 15 до 25 ц/га с учетом применения норм удобрений исходя из состояния почв и их плодородия на основе агрохимического анализа.

Увеличение норм вносимых удобрений может привести к нарушению баланса содержания элементов в почве, что повлечет ухудшение плодородия почв в последующие годы.

Подводя итог выполненному моделированию урожайности ярового рапса с помощью различных экономико-математических методов стоит отметить, что моделирование производственных процессов в сельском хозяйстве позволяет обосновать стратегию развития конкретного хозяйства на основе повышения достоверности прогнозирования изменения продуктивности сельскохозяйственных культур под влиянием имеющихся значений агрофизических и агрохи-

мических факторов, предполагаемых событий и принимаемых управленческих решений.

Создание высокопродуктивных хозяйств является первоочередной задачей современного агропромышленного комплекса, а рост эффективности управления сельскохозяйственным производством будет связан с переходом от методов программирования урожаев, базирующихся на традиционной агрономии, к принципиально новым информационным технологиям и точному земледелию.

Теоретическая и практическая значимость результатов выпускной квалификационной работы состоит в том, что они могут служить базой для дальнейшего развития методологии вероятностного многофакторного анализа и изучения показателей, влияющих на рост урожайности ярового рапса и других сельскохозяйственных культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 №136-ФЗ (ред. от 03.08.2018) [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система «ГАРАНТ»;
2. Земельный кодекс Республики Татарстан от 10 июля 1998 года №1736 (с изменениями на: 01.07.2015) [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система «ГАРАНТ»;
3. Федеральный закон «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» от 24.07.2002 №101-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система «ГАРАНТ»;
4. Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан №1083 от 28.12.2013 года «Об утверждении Государственной программы "Охрана окружающей среды, воспроизводство и использование природных ресурсов Республики Татарстан на 2014 - 2021 годы" (с изменениями на 27 сентября 2018 года) [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система «ГАРАНТ»;
5. Схема территориального планирования Лаишевского муниципального района. Часть 2. Том 3 Охрана окружающей среды. Казань: ГУП ТИГП, 2016. – 204 с.;
6. Государственный доклад о состоянии и использовании земель в Республике Татарстан в 2017 году. Казань: Управление Росреестра по РТ, 2016. – 99 с.;
7. Настольная книга земледельца/ под ред. Габдрахманова И.Х., Тагирова М.Ш., Лазарева Л.В.- Казань, 2007. – 153 с.;
8. Сафиоллин Ф.Н. Рапс в лесостепи Поволжья: учебное пособие. – Казань: Издательство КГУ, 2008. – 408 с.;
9. Сафиоллин Ф.Н. Система мелиоративного земледелия в Республике Татарстан / Ф.Н. Сафиоллин, М.М. Хисматуллин. – Казань, 2015. – 318 с.;

10. Система земледелия Республики Татарстан. Часть 1. Общие аспекты системы земледелия/ под ред. Габдрахманова И.Х., Файзрахманова Д.И., Валеева И.Р. – Казань, 2013 год;
11. Файзрахманов Д.И., Сафиоллин Ф.Н., Габдрахманов И.Х., Низамов Р.М. Руководство по производству конкурентоспособного масличного сырья в Республике Татарстан. Казань: ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», 2016 г. 52 с.;
12. Файзрахманов Д.И., Сафиоллин Ф.Н., Низамов Р.М. Технология возделывания масличных культур (62 полезных совета). Казань: ФГБОУ ВПО «Казанский государственный аграрный университет», 2012 год;
13. Аввакумов О.В., Лукманов А.А., Давлятшин И.Д. Прогнозирование урожайности яровой пшеницы в лесостепной зоне среднего Поволжья по методу наименьших квадратов // Вестник КФУ, №4 (30), 2013. С.92-98;
14. Астафьева М.Н. Моделирование урожайности сельскохозяйственных культур в условиях неполной информации. // Сборник научных трудов. – Ярославль: ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА», 2011. С.148-156;
15. Благовещенский Ю.Н., Самсонова В.П. Моделирование влияния пространственной изменчивости почвенных свойств на урожайность сельскохозяйственных культур (в масштабе угодья). // Агрохимия, №8, 2007. С. 76–82;
16. Брыксин В.М., Евтюшкин А.В. Технология мониторинга и прогнозирования урожайности зерновых культур на основе динамической модели биопродуктивности и данных дистанционного зондирования // Материалы Международного семинара «Математические модели в теоретической экологии и земледелии», (Полуэктковские чтения). Санкт-Петербург: АФИ, 2014. – 124 с.;
17. Будько О.Н., Захарова В.С. Анализ эффективности производства рапса методами прикладной статистики // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы (сборник научных трудов). Гродно: Гродненский государственный аграрный университет, 2016. С.20-29;

18. Буре В.М. Методология применения бинарной регрессии в точном земледелии // Материалы Международного семинара «Математические модели в теоретической экологии и земледелии», (Полуэктовские чтения). Санкт-Петербург: АФИ, 2014. – 124 с.;

19. Васильев Е.П., Орешков В.И. Моделирование урожайности зерновых с использованием метода совокупности доказательств в рамках концепции точного земледелия. // Современные проблемы науки и образования. Пенза: Издательский Дом "Академия Естествознания", №5, 2012. С.378;

20. Васильев Е.П., Орешков В.И. Моделирование урожайности на основе данных агрохимического обследования почв с помощью метода ассоциативного анализа // Вестник ФГ БОУ ВПО РГ АТУ, № 4 (16), 2012. С.8-13;

21. Гриднева И.В., Федулова Л.И. Моделирование и прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур // Наука вчера, сегодня, завтра. Материалы научно-практической конференции. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2016. С.346-348;

22. Жуковский Е.Е. Программирование урожаев: взгляд в прошлое и современность. // Материалы Международного семинара «Математические модели в теоретической экологии и земледелии», (Полуэктовские чтения). Санкт-Петербург: АФИ, 2014. – 124 с.;

23. Низомов С.С. Применение методов статистического моделирования при прогнозировании урожайности зерновых культур // Вестник БГАУ / Vestnik BSAU, №2, 2014. С.132-134;

24. Полевой А.Н., Васалатий Н.В. Моделирование влияния агрометеорологических условий на формирование агроэкологических категорий урожайности озимого рапса // Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. Москва: Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации, 2013. С. 176-187;

25. Полунин Г.А., Алакоз В.В., Черкашин К.И. Применение математического анализа для расчета предельных величин и определение критериев оптимальности в земледелии в краткосрочном периоде // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. Москва: Изд.дом Панорама, №1(156), 2018 год. С.12-17;

26. Сидоренко О.В., Бураева Е.В. Применение кластерного анализа и методов многомерного статистического моделирования при изучении факторов роста урожайности зерновых культур // Вестник аграрной науки, №3(72), Июнь 2018;

27. Хайруллин И., Хайруллин А., Садриева Т. Выращивать рапс выгодно! // Аграрная тема, №1 (78), 2016 год. С.43;

28. Валовой сбор и урожайность рапса (озимого и ярового; в весе после доработки) в хозяйствах всех категорий [Электронный ресурс] // <https://agrovesti.net/lib/industries/oilseeds/valovoj-sbor-i-urozhajnost-rapsa-ozimogo-i-yarovogo-v-vese-posle-dorabotki-v-khozyajstvakh-vsekh-kategorij.html> (Дата обращения 25.10.2018), свободный – Загл. с экрана;

29. Деликатная культура. Особенности технологии выращивания рапса [Электронный ресурс] // <http://www.agroinvestor.ru/technologies/article/24760-delikatnaya-kultura/> (Дата обращения 04.10.2018), свободный – Загл. с экрана;

30. Лучшие хозяйства по земледелию [Электронный ресурс] // <http://agro.tatarstan.ru/rus/luchshie-hozyaystva-po-zemledeliyu.htm> (Дата обращения 01.10.2018), свободный – Загл. с экрана;

31. О роли фосфора и калия [Электронный ресурс] // <https://blog.onesoil.ai/ru/how-onesoil-calculates-variable-rate-phosphorus-and-potassium> (Дата обращения 25.10.2018), свободный – Загл. с экрана;

32. Паспорт Агропромышленного комплекса Республики Татарстан <http://agro.tatarstan.ru/rus/pasport-agropromishlennogo-kompleksa-respubliki.htm> (Дата обращения 20.10.2018), свободный – Загл. с экрана;

33. Расчет азотных удобрений [Электронный ресурс] // <https://blog.onesoil.ai/ru/onesoil-nitrogen-2methods> (Дата обращения 25.10.2018) , свободный – Загл. с экрана;

34. Рынок рапса [Электронный ресурс] // <http://ikar.ru/lenta/626.html> (Дата обращения 25.10.2018) , свободный – Загл. с экрана;

35. Deductor. Продвинутая аналитика без программирования <https://basegroup.ru/deductor/description> [Электронный ресурс] // (Дата обращения 15.10.2018) , свободный – Загл. с экрана;

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение №1

Таблица 1 – Данные Росстата по валовому сбору и урожайности рапса в разрезе регионов РФ

	Валовой сбор, тыс. тонн				Урожайность, ц с 1 га убранной площади			
	2011- 2015 (ср. за год)	2014	2015	2015 в % к 2014	2011- 2015 (ср. за год)	2014	2015	2015 в % к 2014
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ	1097,1	1337,9	1012,0	75,6	11,3	12,6	11,2	88,9
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ	358,3	449,8	335,4	74,6	13,6	16,0	14,3	89,4
СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ	79,4	91,7	106,1	115,7	25,1	27,2	34,7	127,6
ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ	101,5	129,2	55,0	42,6	17,9	18,7	22,3	119,3
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ	141,7	200,4	87,6	43,7	13,3	14,0	12,2	87,1
ПРИВОЛЖСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ	156,7	174,2	139,5	80,1	8,3	9,3	8,2	88,2
Республика Башкортостан	9,7	8,9	9,2	103,9	6,5	5,6	7,8	139,3
Республика Марий Эл	1,5	1,9	2,7	145,1	4,3	5,6	5,1	91,1
Республика Мордовия	13,6	16,8	13,6	80,9	13,0	13,2	8,8	66,7
Республика Татарстан	69,6	71,9	68,4	95,1	8,8	10,0	9,5	95,0
Удмуртская Республика	0,6	0,8	1,1	136,0	7,0	11,1	6,9	62,2
Чувашская Республика	1,7	2,1	2,0	94,6	7,9	7,8	7,9	101,3
Пермский край	1,9	2,8	1,5	53,0	6,6	10,2	6,1	59,8
Кировская область	6,5	8,6	11,9	137,4	7,8	9,4	9,0	95,7
Нижегородская область	28,7	27,9	17,2	61,5	7,4	6,9	7,0	101,4
Оренбургская область	1,0	0,4	0,03	8,4	3,1	3,7	1,1	29,7
Пензенская область	12,5	21,5	5,2	24,0	9,9	12,0	7,0	58,3
Самарская область	1,5	0,9	1,8	206,5	5,9	11,8	2,8	23,7
Саратовская область	1,2	2,6	0,3	11,0	5,7	7,4	2,0	27,0
Ульяновская область	6,7	7,1	4,6	65,6	9,5	12,5	8,6	68,8
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ	92,7	84,2	94,9	112,6	9,6	11,7	8,7	74,4
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ	166,8	194,4	182,5	93,9	7,1	7,5	7,1	94,7
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ	0,1	...	...	...	5,8	...	...	...
КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ	12,5	14,1	10,9	77,2	12,8	8,6	17,0	197,7

Приложение №2

Таблица 2 - Расчет нормы внесения удобрений и определение плановой урожайности

№ поля	Площадь поля	Содержание в почве (мг/кг)		Расчетная норма внесения удобрений для урожайности 15 ц/га		Плановая урожайность без внесения удобрений*	
		Фосфор	Калий	Фосфор (кг/га)	Калий (кг/га)	ц/га	класс
1	11,9	135	62	-3,6	-3,5	16	Высокая
2	12,5	129	62	-1,44	-3,5	16	Высокая
3	14,2	96	58	10,44	3,5	14	Низкая
4	20	102	73	8,28	-22,75	14	Низкая
5	14,8	115	62	3,6	-3,5	14	Низкая
6	16,4	141	83	-5,76	-40,25	16	Высокая
7	20	130	65	-1,8	-8,75	16	Высокая
8	20	143	68	-6,48	-14	16	Высокая
9	13,4	118	73	2,52	-22,75	14	Низкая
10	21	109	73	5,76	-22,75	14	Низкая
11	20,4	162	80	-13,32	-35	16	Высокая
12	20,8	136	47	-3,96	22,75	14	Низкая
13	22,3	108	62	6,12	-3,5	14	Низкая
14	18,4	170	105	-16,2	-78,75	16	Высокая
15	20,7	152	87	-9,72	-47,25	16	Высокая
16	20	137	95	-4,32	-61,25	16	Высокая
17	18,6	107	80	6,48	-35	14	Низкая
18	18,2	108	65	6,12	-8,75	14	Низкая
19	16,7	106	55	6,84	8,75	14	Низкая
20	18,4	195	90	-25,2	-52,5	16	Высокая
21	20	192	115	-24,12	-96,25	16	Высокая
22	19,7	176	87	-18,36	-47,25	16	Высокая
23	16,7	159	80	-12,24	-35	16	Высокая
24	19,9	161	100	-12,96	-70	16	Высокая
25	18,3	140	105	-5,4	-78,75	16	Высокая
26	19,7	209	65	-30,24	-8,75	16	Высокая
27	19,5	261	90	-48,96	-52,5	16	Высокая
28	20	363	120	-85,68	-105	16	Высокая
29	20	395	105	-97,2	-78,75	16	Высокая
30	19,8	162	110	-13,32	-87,5	16	Высокая
31	16,2	177	100	-18,72	-70	16	Высокая
32	13,6	316	83	-68,76	-40,25	16	Высокая
33	20	500	162	-135	-178,5	16	Высокая
34	20	232	83	-38,52	-40,25	16	Высокая
35	20	160	68	-12,6	-14	16	Высокая
36	21,8	168	73	-15,48	-22,75	16	Высокая
37	18,3	145	68	-7,2	-14	16	Высокая

Продолжение таблицы 2							
38	21,5	174	87	-17,64	-47,25	16	Высокая
39	20	500	147	-135	-152,25	16	Высокая
40	27,6	185	110	-21,6	-87,5	16	Высокая
41	14,1	371	108	-88,56	-84	16	Высокая
*Зададим условие: Если внесение какого либо из элементов удобрений необходимо, то урожайность будет меньше 15 ц/га (низкая урожайность), если внесение удобрений не требуется то урожайность будет больше 15 ц/га (высокая урожайность)							

Общая формула расчета доз удобрений:

$$Д = \frac{(Уз \times В - Х \text{ эф. п.}) \times 100}{Ку}$$

Д - норма удобрений, кг д. в./га

Уз - урожай запланированный, ц/га

В - вынос элементов питания на образование 1 ц основной и побочной продукции

Хэф.п - количество эффективного элемента питания, которое дает почва, кг/га (возможный вынос)

Ку - коэффициент использования элементов питания из удобрений

100 - число для перевода Ку в кг д.в/га

$$Х \text{ эф.п.} = \frac{Ху \times Мс \times Кп}{100}$$

Х эф.п - количество эффективного питательного элемента, использованное растениями из почвы, кг/га

Ху - содержание элементов питания в почве, мг/кг

Мс - коэффициент перевода элементов питания из мг/кг почвы в кг/га

Кп - коэффициент использования элементов питания из почвы, %

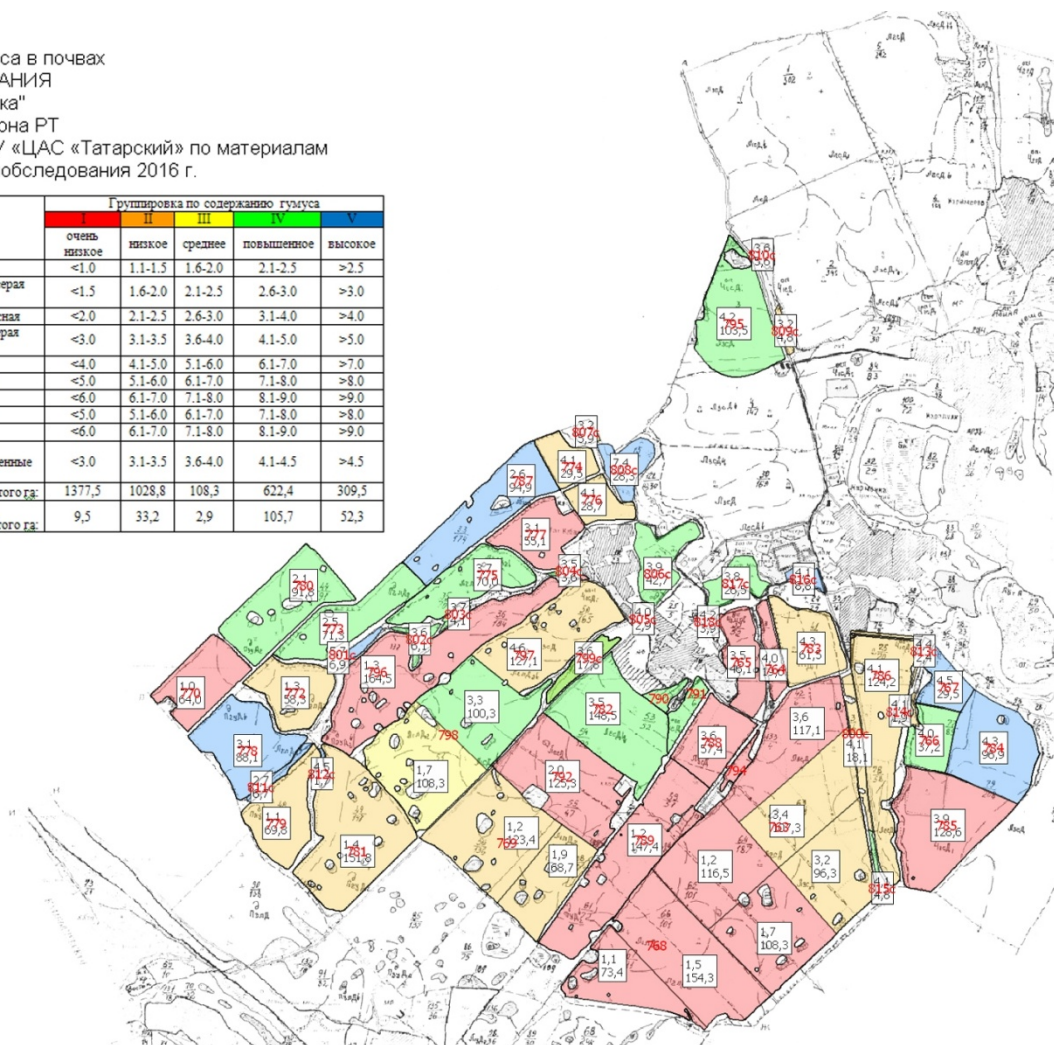
Коэффициенты перевода элементов питания от мг/кг почвы в кг на 1 га

Механический состав почвы	Пахотный слой, см			
	0 – 22	0 – 25	0 – 28	0 – 30
Суглинистый	2,6	3,0	3,4	3,6
Супесчаный	2,8	3,2	3,6	3,9
Песчаный	3,0	3,5	3,9	4,2

Приложение №3

КАРТОГРАММА
содержания гумуса в почвах
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ
ООО АФ "Нармонка"
Лаишевского района РТ
составлена ФГБУ «ЦАС «Татарский» по материалам
полевого агрохимического обследования 2016 г.

Почвы	Группировка по содержанию гумуса				
	очень низкое	низкое	среднее	повышенное	высокое
Дерново-подзолистые	<1.0	1.1-1.5	1.6-2.0	2.1-2.5	>2.5
Светло-коричнево-светло-серая лесные	<1.5	1.6-2.0	2.1-2.5	2.6-3.0	>3.0
Серая, коричнево-серая лесная	<2.0	2.1-2.5	2.6-3.0	3.1-4.0	>4.0
Темно-коричнево-темно-серая лесная	<3.0	3.1-3.5	3.6-4.0	4.1-5.0	>5.0
Чернозем оподзоленный	<4.0	4.1-5.0	5.1-6.0	6.1-7.0	>7.0
Чернозем выщелоченный	<5.0	5.1-6.0	6.1-7.0	7.1-8.0	>8.0
Чернозем типичный	<6.0	6.1-7.0	7.1-8.0	8.1-9.0	>9.0
Чернозем обыкновенный	<5.0	5.1-6.0	6.1-7.0	7.1-8.0	>8.0
Чернозем карбонатный	<6.0	6.1-7.0	7.1-8.0	8.1-9.0	>9.0
Лугово-черноземные пойменные	<3.0	3.1-3.5	3.6-4.0	4.1-4.5	>4.5
Итого га:	1377,5	1028,8	108,3	622,4	309,5
Сенокосы и пастбища (С)	9,5	33,2	2,9	105,7	52,3

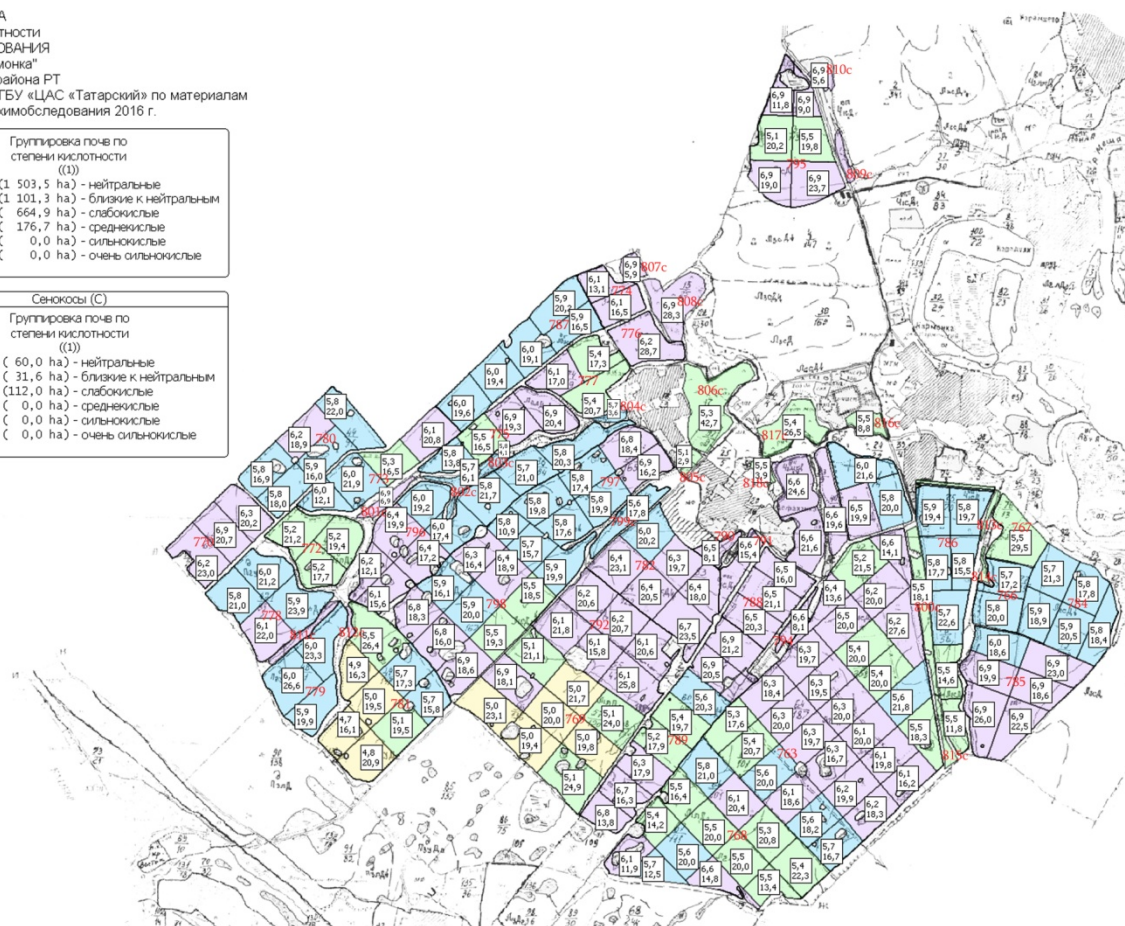


Приложение №4

КАРТОГРАММА
степени кислотности
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ
ООО АФ "Нармонка"
Лаишевского района РТ
составлена ФГБУ «ЦАС «Татарский» по материалам
полевого агрохимобследования 2016 г.

Группировка почв по степени кислотности (II)	
6,1 - 8,0 (1 503,5 га) - нейтральные	
5,6 - 6,1 (1 101,3 га) - близкие к нейтральным	
5,1 - 5,6 (664,9 га) - слабнокислые	
4,6 - 5,1 (176,7 га) - среднокислые	
4,1 - 4,6 (0,0 га) - сильнокислые	
0,1 - 4,1 (0,0 га) - очень сильнокислые	

Сенокосы (С)	
Группировка почв по степени кислотности (II)	
6,1 - 8,0 (60,0 га) - нейтральные	
5,6 - 6,1 (31,6 га) - близкие к нейтральным	
5,1 - 5,6 (112,0 га) - слабнокислые	
4,6 - 5,1 (0,0 га) - среднокислые	
4,1 - 4,6 (0,0 га) - сильнокислые	
0,1 - 4,1 (0,0 га) - очень сильнокислые	

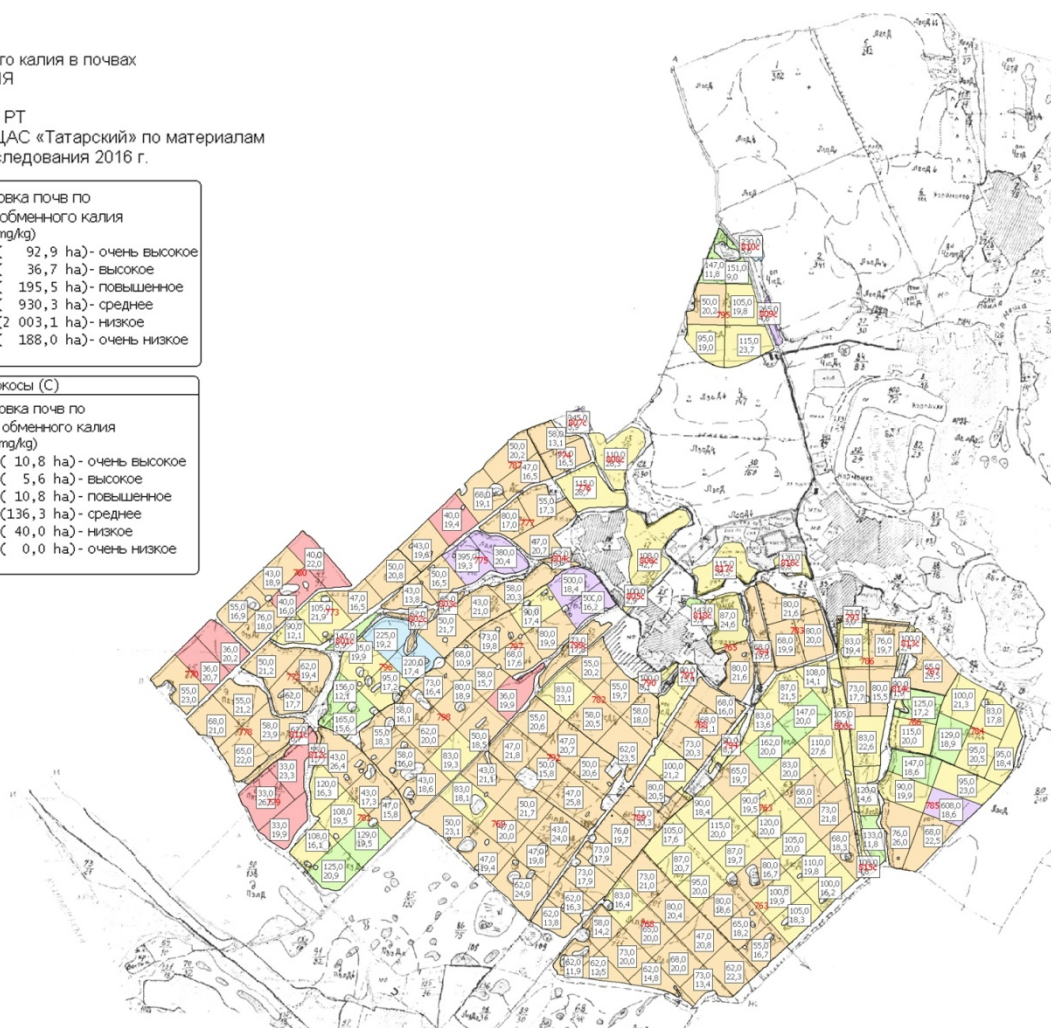


Приложение №5

КАРТОГРАММА
содержания обменного калия в почвах
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ
ООО АФ "Нармонка"
Лаишевского района РТ
составлена ФГБУ «ЦАС «Татарский» по материалам
полевого агрохимобследования 2016 г.

Группировка почв по содержанию обменного калия (mg/kg)		
251,0 - 1 000,0	(92,9 ha)	- очень высокое
171,0 - 251,0	(36,7 ha)	- высокое
121,0 - 171,0	(195,5 ha)	- повышенное
81,0 - 121,0	(930,3 ha)	- среднее
41,0 - 81,0	(2 003,1 ha)	- низкое
0,0 - 41,0	(188,0 ha)	- очень низкое

Сенокосы (С)		
Группировка почв по содержанию обменного калия (mg/kg)		
251,0 - 1 000,0	(10,8 ha)	- очень высокое
171,0 - 251,0	(5,6 ha)	- высокое
121,0 - 171,0	(10,8 ha)	- повышенное
81,0 - 121,0	(136,3 ha)	- среднее
41,0 - 81,0	(40,0 ha)	- низкое
0,0 - 41,0	(0,0 ha)	- очень низкое



Приложение №6

КАРТОГРАММА
содержания подвижного фосфора в почвах
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ
ООО АФ "Гармонка"
Лаишевского района РТ
составлена ФГБУ «ЦАС «Татарский» по материалам
полевого агрохимического обследования 2016 г.

Группировка почв по содержанию подвижного фосфора (мг/кг)	
251,0 - 1 000,0 (608,8 га)-	очень высокое
151,0 - 251,0 (1 094,0 га)-	высокое
101,0 - 151,0 (1 371,6 га)-	повышенное
51,0 - 101,0 (372,1 га)-	среднее
26,0 - 51,0 (0,0 га)-	низкое
0,0 - 26,0 (0,0 га)-	очень низкое

Сенокосы (С) Группировка почв по содержанию подвижного фосфора (мг/кг)	
251,0 - 1 000,0 (16,4 га)-	очень высокое
151,0 - 251,0 (56,6 га)-	высокое
101,0 - 151,0 (52,8 га)-	повышенное
51,0 - 101,0 (71,1 га)-	среднее
26,0 - 51,0 (6,7 га)-	низкое
0,0 - 26,0 (0,0 га)-	очень низкое

