Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ставропольский государственный аграрный университет»

На правах рукописи

Матвиенко Алексей Викторович

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО НА ЧЕРНОЗЁМЕ ОБЫКНОВЕННОМ СЛАБОСОЛОНЦЕВАТОМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Специальность: 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение,

защита и карантин растений

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель: доктор
сельскохозяйственных наук,
профессор
Гречишкина Юлия Ивановна

Ставрополь – 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

ГЛАВА 1. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОСФОГИПСА НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР (обзор литературы) 9

1.1. Проблема гипсования солонцовых почв 9

1.2. Влияние фосфогипса на агрохимические свойства почвы 18

1.3. Использование фосфогипса в качестве поликомпонетного удобрения 25

1.4. Агроэкологическая оценка применения фосфогипса нейтрализованного 35

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ 44

2.1. Характеристика места и условий исследований 44

2.2. Агрохимическая характеристика места проведения исследований 48

2.3. Схема опыта и методы исследований 49

2.4. Технология возделывания озимой пшеницы 54

ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ ФОСФОГИПСА НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЁМА ОБЫКНОВЕННОГО СЛАБОСОЛОНЦЕВАТОГО 56

ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ ФОСФОГИПСА НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ 80

4.1. Влияние фосфогипса нейтрализованного на биометрические показатели растений озимой пшеницы 80

4.2. Влияние фосфогипса нейтрализованного на химический состав растений озимой пшеницы 90

4.3. Влияние фосфогипса нейтрализованного на урожайность озимой пшеницы 95

4.4. Влияние фосфогипса нейтрализованного на качество зерна озимой пшеницы 98

ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ ФОСФОГИПСА НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО НА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЁМА ОБЫКНОВЕННОГО СЛАБОСОЛОНЦЕВАТОГО И СОДЕРЖАНИЕ ТОКСИКАНТОВ В ЗЕРНЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ 106

5.1. Влияние фосфогипса нейтрализованного на агроэкологические показатели чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого 106

5.2. Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание токсикантов в зерне озимой пшеницы 121

ГЛАВА 6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО 130

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 141

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ 146

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 147

ПРИЛОЖЕНИЯ 179

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Ставропольский край является одним из ведущих регионов Российской Федерации по производству сельскохозяйственной продукции и темпам химизации сельскохозяйственной отрасли. Несмотря на все достигнутые успехи, в крае остаётся нерешенной проблема химической мелиорации солонцовых почв. По данным мониторинга агрохимической службы Ставропольского края, с 1995 г. объёмы гипсования снизились до критически низких значений.

Солонцовые почвы приходятся на каждый пятый гектар пашни Ставрополья (Подколзин А. И., Беликова С. В., Бурлай А. В., 2004). Получение стабильных урожаев на этих площадях без мелиоративных мероприятий затрудняется плохими водно-физическими и физико-механическими свойствами почвы. Для дальнейшей интенсификации сельского хозяйства просто необходимо уделить данной проблеме должное внимание.

Во времена масштабной кампании по гипсованию государственное финансирование работ предполагалось только для солонцов, сильно- и среднесолонцеватых почв. Финансирование химической мелиорации слабосолонцеватых почв не проводилось. В связи с этим считаем, что изучение возможности повышения эффективности сельскохозяйственного производства на данных почвах является очень актуальным вопросом.

Ранее для проведения научных исследований и химической мелиорации на территории Ставропольского края использовали обыкновенный фосфогипс, который являлся физиологически кислым. С 2021 г. появилась возможность использования нейтрализованного фосфогипса, хранимого в отвалах АО «Минерально-химическая компания «ЕвроХим» и ООО «Алмаз Удобрения».

Также фактором, повышающим актуальность использования фосфогипса в сельском хозяйстве, выступает рост цен на фосфоросодержащие удобрения.

В этом случае фосфогипс выступает дополнительным источником подвижных форм фосфора для питания растений.

Цель и задачи исследований. Цель исследования — агроэкологическая оценка применения фосфогипса нейтрализованного на чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом и установление его влияния на продуктивность озимой пшеницы в условиях Центрального Предкавказья.

Для достижения поставленной цели предусматривалось решение следующих задач:

— изучить влияние фосфогипса нейтрализованного на агрохимические показатели чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого;

— определить влияние фосфогипса нейтрализованного на рост и развитие растений, урожайность и качество зерна озимой пшеницы;

— изучить влияние фосфогипса нейтрализованного на агроэкологические показатели чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого и содержание токсикантов в зерне озимой пшеницы;

— определить экономическую эффективность применения фосфогипса нейтрализованного.

Научная новизна исследований: впервые в условиях чернозёмов обыкновенных слабосолонцеватых Центрального Предкавказья проведено комплексное исследование применения фосфогипса нейтрализованного на посевах озимой пшеницы с учётом агроэкологических показателей почвы и содержания токсикантов в растениях.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическое значение работы заключается в обосновании эффективных доз фосфогипса нейтрализованного для химической мелиорации чернозёмов обыкновенных слабосолонцеватых при возделывании озимой пшеницы в условиях Центрального Предкавказья.

Дана экономическая оценка применения изучаемых доз мелиоранта при возделывании озимой пшеницы на чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом в условиях Центрального Предкавказья.

Опыт зарегистрирован в реестре длительных опытов Геосети ВНИИА РФ «Исследования направленности почвенных процессов и путей регулирования физико-химических агрохимических свойств различных типов почв, их питательного режима в условиях действия химической мелиорации и применения известь- и гипсосодержащих отходов промышленности».

Полученные результаты подтверждены производственной проверкой и внедрением в сельхозпредприятиях Ставропольского края: ИП Глава К(Ф)Х Сабынин Г. К. Андроповского муниципального округа и АО «ТПКЗ № 169» Минераловодского городского округа.

Результаты исследований использованы для обновления методических рекомендаций агрохимической службы по подготовке проектно-технологической документации гипсования солонцовых почв в Ставропольском крае с целью повышения продуктивности сельскохозяйственных культур.

Объект и предмет исследования. Объекты исследования — фосфогипс нейтрализованный, чернозём обыкновенный слабосолонцеватый и озимая пшеница сорта Адель.

Предмет исследований — эффективность влияния фосфогипса на агрохимические и агроэкологические свойства чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого и продуктивность озимой пшеницы.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Использование фосфогипса нейтрализованного на чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом снижает показатели реакции pH почвы, увеличивает содержание подвижных форм фосфора и серы, а также снижает долю обменных магния и натрия в сумме обменных оснований.

2. Использование фосфогипса нейтрализованного на чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом повышает урожайность озимой пшеницы.

3. Использование фосфогипса нейтрализованного на чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом не приводит к нарушению экологических норм по содержанию токсикантов в почве, полученное зерно озимой пшеницы соответствует требованиям безопасности.

Степень достоверности результатов. Исследования проведены в течение трёхлетнего периода на основе методики проведения полевого опыта, выполнения лабораторных анализов и в соответствии с требованиями географической сети опытов с удобрениями. Все наблюдения выполнены в 3-кратном повторении в различных погодных условиях с последующей статистической обработкой данных.

Апробация результатов. Материалы диссертации были представлены на: VI Международной научной конференции «Эволюция и деградация почвенного покрова» (Ставрополь, 2022), X Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные научные исследования: инноватика в современном мире» (Уфа, 2023), Международной научно-практической конференции «Биологизация земледелия — основа продовольственной безопасности России в длительной перспективе» (Ставрополь, 2024). Также ежегодно в географическую сеть опытов с удобрениями были представлены установленного образца отчёты по проведённым исследованиям.

Публикации. По материалам диссертации опубликованы 8 научных работ, в том числе 3 в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Объём и структура работы. Диссертация изложена на 217 страницах стандартного печатного текста, иллюстрирована 6 рисунками, 37 таблицами, включает 38 приложений. Работа состоит из введения, 6 глав, заключения, предложения производству. Список литературы включает 231 источник, в том числе 34 иностранных авторов.

Личный вклад автора. Автор участвовал в определении научной проблемы, разработке цели и задач исследований, закладке и проведении полевых исследований, в отборе почвенных и растительных образцов, учёте урожайности озимой пшеницы, анализе и обобщении полученных материалов, статистической обработке данных.

Автор благодарит доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Ю. И. Гречишкину за руководство и поддержку в ходе выполнения данной диссертационной работы. Выражает глубокую признательность ректору ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» кандидату сельскохозяйственных наук В. Н. Ситникову, доктору сельскохозяйственных наук, профессору А. Н. Есаулко и всем сотрудникам кафедры агрохимии и физиологии растений.

Отдельную благодарность — директору ФГБУ ГЦАС «Ставропольский» В. П. Егорову, заместителю директора А. В. Бурлай и коллективу агрохимцентра за помощь в проведении полевых и лабораторных исследований.

ГЛАВА 1. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОСФОГИПСА НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР (обзор литературы)

1.1. Проблема гипсования солонцовых почв

Солонцовые почвы широко распространены на территории Российской Федерации, на их площадь приходится в среднем около 27,7 млн га (Маслов Б. С., Минаев И. В., Губер К. В., 1989). Данные почвы отличаются рядом неблагоприятных физических, водно-физических и физико-химических свойств, затрудняют получение высокой урожайности сельскохозяйственных культур (Коробка А. Н, Орленко С. Ю., Тимофеев М. Н. и др., 2016). Для классификации солонцовых почв используют ряд признаков: степень солонцеватости, глубину залегания солей, мощность надсолонцового горизонта, содержание органического вещества и др. (Харитонова А. Ф. и др., 1987; Лошаков А. В., 2020).

Находясь в щелочной среде, обменный натрий делает почвенные частицы высокогидрофильными, что приводит к существенному снижению скорости фильтрации воды в толще почвы (Сидько А. А., Мясищев С. И., Баякин В. П. и др., 1985). Проблема натриевого засоления почв настолько актуальна, что является важным фактором оценки почв в различных системах бонитировки (Мюллер Л., Ойленштейн Ф., Шиндлер У. и др., 2018). Данную проблематику затрагивает множество научных публикаций отечественных и зарубежных учёных (Панкова Е. И., Конюшкова М. В., Горохова И. Н., 2017).

При проникновении засоляющих ионов в растениях начинаются процессы угнетения и замедления роста, нарушается накопление питательных элементов (Беловолова А. А., Николенко Н. В., Подколзин А. И. и др., 2017). Эти процессы зависят в том числе и от гранулометрического состава почвы, а также её водопроницаемости (Манжина С. А., 2021). Наличие солонцового горизонта

может в среднем приводить к снижению урожайности зерновых культур на 0,2–0,3 т/га (Годунова Е. И., 2022).

Проблема мелиорации солонцовых почв важна не только для территории Российской Федерации и постсоветского пространства. Данные почвы являются самым распространённым в мире объектом почвенной мелиорации, в литературе других стран этот вопрос достаточно широко освещён (Korcak, R. F., 1993; Калиниченко В. П., 2017).

В своё время параллельно работе наших учёных вопрос активно прорабатывали в Канаде, Венгрии, США. В результате для этих стран также были разработаны свои способы мелиорации и диагностики солонцовых почв (Панкова Е. И., Горохова И. Н., Конюшкова М. В. и др., 2019).

Однако в отличие от СССР до начала 90-х годов активного освоения солонцовых территорий в зарубежных странах не проводилось (Darab K., Csillag J. 1986, Bennett D. R., Hecker F. J., Entz T. и др., 2000). Вместо этого основное внимание там уделяли борьбе со вторичным осолонцеванием орошаемых почв (Toth T., Jozefaciuk G., 2002).

Для Ставропольского края проблема мелиорации солонцовых почв очень актуальна. На территории региона получили широкое распространение остаточные солонцы и солонцеватые почвы, которые в себе содержат незначительное количество обменного натрия при высоком содержании магния (Безсонов В. Г. Ведяшкина Г. А., Петров Л. Н. и др., 1982). При этом солонцовые почвы широко вовлечены в сельскохозяйственное производство: 828,8 тыс. га, или 53,3 % от их общей площади, приходится на пашню, а 683,9 тыс. га, или 44,0 %, – на пастбища (Хлопянов А. Г., Пенчуков В. М., Есаулко А. Н. и др., 2015).

На солонцы и солонцеватые почвы на Ставрополье приходится каждый пятый гектар возделываемой пашни. Из-за негативных свойств данных почв сельскохозяйственное производство на них сильно затруднено (Гречишкина Ю. И., Матвиенко А. В., 2022).

Среди солонцовых почв Ставрополья можно выделить чернозёмы обыкновенные солонцеватые. Они сосредоточены в Янкульской и Сенгилеевской котловинах, в долинах рек Суркуля и Барсуки, в части Минераловодской холмистой равнины на площади порядка 405 тыс. га (Цховребов В. С., Есаулко А. Н., Новиков А. А., 2017). Стоит отметить, что почвы региона также имеют относительную обеспеченность валовыми формами фосфора, содержание которых может достигать 0,11–0,16 % в пахотном слое и 0,10–0,13 % в подпахотном. Но высокая карбонатность этих почв не позволяет растениям распорядиться данным потенциалом (Сычев В. Г., Есаулко А. Н., Агеев В. В. и др., 2015).

Для борьбы с негативными свойствами солонцовых почв используют два основных метода: агрохимический и агротехнологический (Приёмы повышения плодородия почв, 2021). Агрохимический метод предполагает использование гипссодержащих мелиорантов, внесение которых приводит к замещению натрия почвенного поглотительного комплекса с последующим вымыванием из корнеобитаемого слоя (Агеев В. В., Лобанкова О. Ю., Серая Л. В., 2017). Данный механизм основан на предпочтительном поглощении почвенным комплексом кальция относительно натрия (Теоретические и методические основы..., 2013). Впервые механизм работы содержащих гипс материалов как химического мелиоранта для улучшения солонцовых почв в своих работах теоретически обосновал К. К. Гейдройц (1955).

К сожалению, в актуальный момент времени гипсование на территории Ставропольского края носит эпизодический характер и проводится бессистемно. Если в период с 1981 по 1990 г. в среднем за год в крае гипсовали порядка 34 тыс. га солонцовых почв, то в 1991–1995 гг. данный показатель составлял уже всего 11 тыс. га (Приложение 1). К началу нулевых годов официальные работы полностью прекратились, как и государственная поддержка при их проведении (Сычев В. Г., Гречишкина Ю. И., Егоров В. П. и др., 2021).

Для повышения успешности гипсования на солонцовых почвах чернозёмной зоны вносить мелиоранты рекомендовано по паровому предшественнику. Пар в данном случае способствует урожайности и накоплению влаги, которая необходима для активизации процессов замещения (Подколзин А. И., Бурлай А. В. и др., 1988).

Одним из самых доступных мелиорантов для химической мелиорации солонцовых почв является фосфогипс (ФГ). В этом качестве он обладает рядом преимуществ над гипсом: за 3 года исследований ФГБНУ «РосНИИПМ» гипс снизил солонцеватость почвы в условиях орошения на 30 %, а фосфогипс в 3 раза (Докучаева Л. М., Юркова Р. Е., Шалашова О. Ю., 2012). Данный эффект достигается за счёт более эффективного воздействия фосфогипса на физические свойства почвы (Юркова Р. Е., Докучаева Л. М., 2016). Также фосфогипс лучше гипса подходит для целей рекультивации загрязнённых нефтепродуктами почв и защиты от радиации (Верещагин А. Н., 1987; Временные методические указания…, 1985). Последнее свойство активно использовалось на территории Ставропольского края для консервации отходов добычи радиоактивных руд.

Первоначальные работы по химической мелиорации почв Ставропольского края были начаты в 1963 г. Ускорение темпов данной работы произошло в 1966 г., когда по данным исследований отдела почвоведения СНИИСХ были подготовлены методические рекомендации, апробированные для почвенно-климатических условий региона. Данную работу провёл Л. Н. Петров под руководством И. Ф. Горбунова. Ими были заложены первые стационарные опыты в колхозах им. Свердлова, им. Ворошилова Шпаковского, им. Кирова Ипатовского и в совхозе «Невинномысский» Кочубеевского районов Ставропольского края (Сычев В. Г., Гречишкина Ю. И., Егоров В. П. и др., 2021).

Фосфогипс является побочным продуктом производства минеральных удобрений из апатитового или фосфоритного концентрата (Калугин Д. В., Цховребов В. С., Кукушкина В. В., 2017). Основным веществом в пересчёте

на сухое вещество в составе фосфогипса выступает дигидрат сульфата кальция, кроме него присутствуют водорастворимые фтористые соединения, неорганические фосфаты и некоторые доли кадмия, мышьяка, ртути и свинца, относящиеся к токсичным элементам (Суфиянов Р. Ш., 2021).

По данным многократных анализов, фосфогипс в среднем содержит: оксида кальция — 36–38, серы — более 20, фосфорной кислоты — 1–4,5 %. Наличие кислот в своём составе позволяет фосфогипсу быть более растворимым, чем гипс (Аканова Н. И., 2013). Также на состав фосфогипса и содержание в нём химических элементов могут влиять технологические условия предприятия, на котором он был произведён, и сырьё, из которого производили минеральные удобрения (Госагропром РСФСР, 1987; Любимова И. Н., Борисочкина Т. И., 2007).

На текущий момент в Российской Федерации каждый год вырабатывают более 15 млн т фосфогипса, в целом по планете этот объём достигает 100–280 млн т в год. Чаще всего для его хранения используют организацию специальных отвалов, этому методу следует порядка 52 стран мира. В России таким способом хранится более 150 млн т фосфогипса, в США и Бразилии — более 200 млн т, в Испании — 100 млн т, на Украине — 60 млн т (Некрасов Р. В., Аканова Н. И., Шеуджен А. Х. и др. 2019). На территории Казахстана, по оценке ряда источников, накоплено приблизительно 140 млн т, при ежегодном производстве в 14 млн т (Жантасов К. Т., Зият А. Ж., Лавров Б. А., 2021). В Турции ежегодный прирост объёмов фосфогипса составляет порядка 3 млн т (Degirmenci N., Okucu A., Turabi A., 2007).

Существенная проблема для нашей страны в том, что только порядка 9 % производимого фосфогипса затем используется в экономике (Кутепов Ю. И., Кутепова Н. А., Ковязин А. В. и др., 2013). Для примера, в Бразилии около 40 % фосфогипса задействовано в сельскохозяйственном производстве (Hilton J., 2010).

В целом в мире утилизации подвергается до 15 % фосфогипса (Yan S., Qian J., Chai J. и др., 2014), остальная его часть просто сваливается на сушу,

прибрежные территории, выбрасывается в океан (Villa M., Mosqueda F., Hurtado S. и др., 2009). Это влечёт за собой закономерную проблему хранения фосфогипса, так как отвалы не только занимают значительные площади, но и приводят к разного рода экологическим проблемам (Hanan T., Choura M., Lopez F. и др., 2012; Pichugina A. S., Vakhovskaya R. V., 2021).

Учёные по всему миру ищут варианты использования фосфогипса в других отраслях экономики с целью его скорейшей утилизации (Недбаев И. С., Цывкунова Н. В., Елсукова Е. Ю., 2022). Часть данного сырья может быть востребована в строительной отрасли, хотя в данном направлении использование природного гипса более приоритетно (Бабаев Д. Д., Петропавловский К. С., Данякин В. А. и др., 2023; Анастасов М. С., Шестов А. В., Сучилин Н. В., 2021). Обусловлено это прежде всего радиоактивными свойствами фосфогипса (Trevisi R., Risica S., D'Alessandro M. et al, 2012).

Расчёты подтвердили, что при снижении содержания фосфатов в фосфогипсе его можно эффективно и безопасно использовать при строительстве дорог в лесных ландшафтах (Мартынюк А. С., Зубова О. В., 2024). К подобным выводам пришли и учёные в Китайской Народной Республике (Shen W., Zhou M., Zhao Q., 2007; Shen W., Zhou M., Ma W. et al, 2009).

Учёными из Санкт-Петербурга был проработан вопрос использования фосфогипса в качестве компонента для возведения ограждающих дамб. Фосфогипс имеет преимущество в прочности над естественными песчано-глинистыми грунтами, вследствие чего лучше приспособлен для возведения дамб гидротехнических сооружений и ограждающих сооружений-накопителей жидких промышленных отходов (Томашевский В. А., 2024).

Есть ряд предложений, которые рассматривают возможность повторной переработки фосфогипса (Черемисина О. В., Федоров А. Т., 2022). Так, проведены исследования по извлечению редкоземельных элементов из фосфогипса за счёт механоактивации и сорбционного выщелачивания

(Rychkov V. N., Kirillov E. V., Kirillov S. V. et al, 2018; Рычков В. Н., Кириллов Е. В., Кириллов С. В. и др., 2024;). Разработана методика термообработки фосфогипса в присутствии восстановителя для получения подщелачивающего реагента. Полученный реагент предложено использовать для производства в Российской Федерации органоминеральных удобрений на основе жидких и твердых сельскохозяйственных и промышленных отходов (Монастырский Д. И., Куликова М. А., Шабельская Н. П. и др., 2024).

Фосфогипс можно использовать в качестве наполнителя при производстве сложных минеральных удобрений на основе карбамида. Данная технология предполагает использование тарельчатого гранулятора, с помощью которого наносят порошок фосфогипса на гранулы карбамида. Представленное решение, по мнению авторов, позволит упростить процесс внесения фосфогипса в почву и способствует процессу его утилизации (Таран Ю. А., Стрельникова В. О., Фуфаева В. М. и др., 2023). К подобным выводам, но в отношении борных удобрений, пришли и учёные из Казахстана (Бейсембаева Л. К., Сыдыкбаева С. А, Шенебекова Г. С., 2022).

Выдвинуты предложения по использованию фосфогипса при реализации концепции зелёного земледелия. Авторы предлагают использовать фосфогипс в качестве наполнителя для комплексных и органоминеральных удобрений. В их основе будет лежать утилизация фосфогипса, промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных отходов, что тем самым поспособствует развитию концепции экономики «замкнутого цикла». Предлагается повышение эффективности данных удобрений за счёт использования препаратов фосфатмобилизующих бактерий (Пиденко С. А., Ловцова Л. Г., 2023).

Только в качестве мелиоранта солонцовых почв возможность использования фосфогипса не исчерпывается. Его внесение способно «омолаживать» минеральную основу почвы несолонцовых почв (Цховребов В. С., Калугин Д. В., Фаизова В. И., 2016). Авторами был подготовлен соответствующий патент на использование смеси из фосфогипса, известняка-ракушечника, апатита и концентрата марганцевой и молибденовой

руды для повышения плодородия чернозёма выщелоченного (Цховребов В. С., Калугин Д. В., Фаизова В. И. и др., 2022).

Для повышения эффективности фосфогипса его можно применять совместно с минеральными и органическими удобрениями, особенно с помощью приготовления разного рода компостов (Белюченко И. С., Добрыднев Е. П., Муравьев Е. И., 2010). Содержание в фосфогипсе существенных запасов кальция, серы, фосфора, кремния и ряда микроэлементов позволяет расценивать его как комплексное удобрение (Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., Хачмамук П. Н., 2016).

Эффект от внесения фосфогипса можно усилить совместным применением с буровым шламом (Скипин Л. Н., Храмцов Н. В., Гузеева С. А., 2013) и в сочетании с известняковой мукой. Полученная таким образом смесь мелиорантов обладает повышенной эффективностью на засоленных и кислых почвах (Лиманский А. Н., 2017; Косодуров К. С., 2020).

Фосфогипс можно компостировать с бесподстилочным навозом крупного рогатого скота, с внутрифермерскими отходами и соломой. По предложенной технологии все ингредиенты слоями чередуют между собой, что позволяет снизить потери азота (за счёт обмена ионов аммония на катионы фосфогипса) и органического вещества до 40 %. В полученном компосте выше активность микрофлоры и ниже число гельминтов (Добрыднев Е. П., Локтионов М. Ю., 2013). Также добавление фосфогипса приводит к увеличению плотности компоста, что может негативно воздействовать на почвенные субстраты (Gabhane J., William S. P. M. P., Bidyadhar R. et al, 2012; Oliveira E. L., Pavan M. A., 1996).

Отдельно учёные рассматривают возможность использования фосфогипса для снижения парниковых газов на тяжелосуглинистых почвах. Данные исследований показывают, что в компосте с фосфогипсом выбросы углерода снижаются на 20 % (Yang F., Li G., Shi H. et al, 2015). Внесение фосфогипса в дозе 6 т/га на рисовых чеках приводит к существенному сокращению выбросов метана (Corton T. M., Bajita J. B., Grospe F. S. et al, 2000).

В Башкирии исследовали возможность применения фосфогипса в качестве компонента для приготовления почвогрунта. В ходе вегетационного опыта учёные установили, что сочетание почвогрунта с фосфогипсом повышает всхожесть семян гороха, пшеницы и овса на нём практически в 2 раза (Асылбаев И. Г., Нурлыгаянов Р. Б., Севостьянов М. А. и др., 2022).

Исследователи активно экспериментировали с дозами вносимого фосфогипса, диапазон которых составил от 0,2 до 200 т/га (Mays D. A, Mortvedt J. J., 1984; Mullins G. L., Mullins C. C. Mitchell Jr., 1990; Шеуджен А. Х., Онищенко Л. М., Добрыднев Е. П. и др., 2013). В ходе множества опытов были установлены наиболее эффективные дозы фосфогипса — от 1 до 10 т/га (Аканова Н. И., 2013; Шеуджен А. Х. Онищенко Л. М., Добрыднев Е. П. и др., 2013).

Свойства фосфогипса позволяют его использовать и на орошаемых почвах для препятствования процессу их осолонцевания. Для этого фосфогипс можно вносить с поливной водой, рекомендованная концентрация гипса в поливной воде порядка 2 г/л (Сычев В. Г., 2007).

Одним из распространённых способов получения фосфогипса нейтрализованного является добавление к нему извести. Благодаря данному процессу полученная смесь обладает более нейтральной кислотностью и пониженной слёживаемостью под воздействием влаги. Это позволяет использовать неспециализированные разбрасыватели удобрений для внесения фосфогипса нейтрализованного и повышает равномерность разбрасывания (Некрасов Р. В., Шеуджен А. Х., Байбеков Р. Ф. и др., 2021).

После нейтрализации фосфогипс хуже слёживается, более сыпуч, менее гигроскопичен. Это оптимизирует процессы его хранения, транспортировки и внесения (Коробка А. Н., Орленко С. Ю., Тимофеев М. Н. и др., 2016).

Таким образом, вопрос мелиорации солонцовых почв является очень актуальным как для Российской Федерации в целом, так и для Ставропольского края в частности. Самым эффективным способом мелиорации таких почв в условиях достаточного увлажнения является проведение химической мелиорации. В качестве мелиоранта необходимо использовать фосфогипс, так как он по своим свойствам превосходит природный гипс. Одновременно с этим

можно решить проблему хранения данных отходов производства фосфорных удобрений.

1.2. Влияние фосфогипса на агрохимические свойства почвы

Воздействие фосфогипса на свойства почвы систематически исследуется с середины XX века. Описано его влияние на свойства разных типов почв и в различных почвенно-климатических условиях. В целом применение фосфогипса способствует повышению доступности растениям азота, фосфора, калия и кальция из почвы, усиливает микробиологические процессы и обеспечивает сохранность органического вещества почвы (Руководство по управлению…, 2017; Пронина О. В., Киселев М. В., 2021). При этом достигается следующий эффект от применения фосфогипса: в почве увеличивается содержание кальция и фосфора, одновременно с этим снижается содержание магния и натрия, на содержание калия эффект минимален (Некрасов Р. В., Шеуджен А. Х., Байбеков Р. Ф. и др., 2021).

Применение фосфогипса на чернозёме выщелоченном оказывает хороший эффект и улучшает как питательный режим почвы, так и её агрофизические свойства: в пахотном слое гипсование позволило увеличить содержание физической глины и снизить плотность почвы (Муравьев Е. И., Добрыднев Е. П., Белюченко И. С., 2008; Белюченко И. С., Добрыднев Е. П., Муравьев Е. И., 2010; Антоненко Д. А., Белюченко И. С., 2014). При внесении 12 т/га фосфогипса среднее содержание подвижного фосфора в почве выросло на 3,3 мг/кг (Есаулко А. Н., Калугин Д. В., Кукушкина В. В., 2017). Исследования в Краснодарском крае выявили, что на четвертый год внесения фосфогипса повышенное содержание в верхнем слое почвы кальция и магния приводит к стабилизации кислотности почвы и улучшению фосфорного питания (Подколзин О. А., Пулбери Н. Р., 2024).

Также в ходе пятилетнего мелкоделяночного полевого опыта на данном подтипе почв исследовалось влияние доз фосфогипса в 5, 10 и 20 т/га на содержание гумуса. Результаты установили, что внесение фосфогипса само по себе не смогло оказать существенного влияния на данный показатель плодородия почвы (Габбасова И. М., Гарипов Т. Т., Комиссаров М. А. и др., 2024).

При благоприятных условиях эффекта от внесения фосфогипса можно добиться уже на первый год после его внесения. Активнее всего проявляются его водно-физические свойства: он препятствует образованию почвенной корки, повышает фильтрацию и улучшает структуру мелиорируемой почвы. Правильно рассчитанные дозы фосфогипса для мало- и средненатриевых солонцов способны за первых 2–3 года после внесения снизить солонцеватость на 60–80 %, засоление — в 1,5–2 раза, привести к нормализации щёлочности в верхнем слое почвы от 40 до 60 см. Различные дозы фосфогипса могут повысить содержание подвижных фосфатов в 1,5–2 раза (Скуратов Н. С., Кулинич Г. С., Докучаева Л. М., 1990).

При внесении 3 т/га фосфогипса на чернозёме обыкновенном удалось за год добиться увеличения подвижных форм фосфора и калия в пахотном слое на 9,3 и 5,7 % соответственно, содержание органического вещества увеличилось на 0,08 % относительно контрольного варианта (Покудин Г. П., Кутовая Н. Я., Мухина С. В., 2003).

В многолетнем полевом опыте в Ростовской области учёные рассмотрели влияние расчётной дозы фосфогипса на свойства комплексного покрова. Почва участка представлена комплексом чернозёма южного и солонца (30 %) в условиях орошаемого земледелия. Период наблюдений составил 4 года. Применяли как только расчётную дозу фосфогипса (10 т/га), так и в сочетании с внесением навоза. В итоге содержание натрия удалось снизить на чернозёме южном до 3 % от суммы оснований ППК, а на солонце до 8–9 %, при исходном значении для данных почв — в 7–10 и 19–22 % соответственно (Докучаева Л. М., Юркова Р. Е., Бабичев А. Н., 2022).

Внесение фосфогипса в дозах 1,5, 3,0 и 5 т/га оказало статистически значимый результат на агрохимические показатели чернозёма солонцеватого. На вариантах опыта произошло снижение содержания поглощённых оснований в почве за счёт замещения их обменным кальцием — доза фосфогипса в 5 т/га обеспечила прирост данного показателя в 4 % относительно контроля. При этом содержание обменного магния снижается в зависимости от роста дозы фосфогипса. Содержание обменного натрия в ходе процессов замещения снижалось в слое почвы 0–20 см и росло в слое 20–40 см (Троц Н. М., Соловьев А. А, Боровкова Н. В. и др., 2022).

При исследовании внесения фосогипса от 2 до 8 т/га на чернозёме солонцеватом выявлен прямо пропорциональный дозам мелиоранта рост ёмкости катионного обмена. На содержание гумуса и обменного калия в почве заметного результата ни один вариант опыта не оказал. Произошло существенное увеличение содержания подвижной серы, на вариантах с внесением фосфогипса её было в 1,5–3,4 раза больше, чем при фоновом внесении удобрений. Варианты с использованием 4 и 8 т/га фосфогипса достоверно увеличили содержание подвижного фосфора до 182 и 138 мг/кг соответственно. Увеличение содержания в почве обменного кальция с 16,5 ммоль/100 г на контроле до 21,9 ммоль/100 г на варианте с внесением 4 т/га фосфогипса улучшает структуру почвы (Аканова Н. И., Троц Н. М., Можаренко М. Н. и др., 2023).

Научные сотрудники Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова проводили исследования эффективности фосфогипса в условиях орошаемого земледелия Саратовского Левобережья. В полевом мелкоделяночном опыте фосфогипс вносили в дозах 4, 6 и 8 т/га под предпосевную культивацию сои. Совместно с фосфогипсом вносили 100 кг/га аммофоса в физическом весе. Вместе с увеличением дозы фосфогипса увеличивалось значение pH почвенного раствора и содержание кальция в верхнем слое почвы. Внесение 8 т/га фосфогипса смогло его повысить на 4,0 ммоль/100 г почвы. Также мелиорант

оказал благоприятный эффект на содержание серы и подвижного фосфора в почве (Тонкошкур В. А., Полетаев И. С., Воронова Е. О., 2024).

На засоленных тёмно-каштановых почвах в Крыму внесение 4 т/га фосфогипса привело к увеличению содержания обменного и водорастворимого кальция, а также доступного растениям фосфора (Новикова А. В., 2002; Клименко О. Е., 2015). В условиях Саратовский области применение 8 т/га фосфогипса позволило снизить гидролитическую кислотность тёмно-каштановой почвы с 0,7 до 0,3 ммоль/100 г, повысить содержание водорастворимого кальция с 12,37 до 17,25 ммоль/100 г, увеличить содержание доступного фосфора и нитратного азота (Аканова Н. И., Холомьева Л. Н., Можаренко М. Н. и др., 2022).

В почвенно-климатических условиях Сибири использование фосфогипса в качестве мелиоранта солонцов показало неоднозначный результат. При дозах в 7 т/га влияние на содержание поглощённого натрия в почве оказалось незначительным. При этом в условиях южной лесостепи Западной Сибири при сульфатно-хлоридном засолении почвы внесение фосфогипса в дозе 30–33 т/га способствовало вытеснению натрия из почвенного поглотительного комплекса (Березин Л. В., 2005; Berezin L. V., 2014). Внесение от 5 до 20 т/га улучшило структурно-агрегатный состав почвы путём снижения доли глыбистых агрегатов в ней, повысило их водоустойчивость и снизило степень уплотнения (Сулейманов Р. Р., Сайфуллин И. Ю., 2017). Эффективность химической мелиорации многонатриевых солонцов Западной Сибири также можно повысить путём проведения повторного гипсования (Троценко И. А., 2021).

Исследование эффективности фосфогипса как мелиоранта и комплексного удобрения проводят не только на солонцовых, но и на дерново-подзолистых почвах. В данном случае фосфогипс призван компенсировать потери кальция из почвы, улучшить ситуации с обеспеченностью растений серой, кремнием и частично фосфором. В мелкоделяночном полевом опыте исследовали эффективность доз фосфогипса в 1, 2 и 3 т/га отдельно

и в сочетании с нитроаммофоской марки 10:26:26. Это позволило повысить pHK_{Cl} на 0,15–0,32 ед. В последействии на фоне ФГ отмечено дальнейшее снижение кислотности почвы, значения pH в зависимости от дозы ФГ увеличились на 0,20–0,33 ед. в условиях совместного применения ФГ и минеральных удобрений и на 0,25–0,37 ед. при использовании только ФГ в сравнении с исходным значением. Вариант с внесением 3 т/га фосфогипса достоверно снизил кислотность почвенного раствора на 0,37 ед. pH (Аканова Н. И., Холомьева Л. Н., Плескачев Ю. Н. и др., 2024).

Совместными усилиями российских и казахстанских учёных был исследован эффект от внесения фосфогипса на серозёмных почва Республики Казахстан. Фосфогипс вносился в составе компоста в сочетании с навозом крупного рогатого скота и измельченной массы верблюжьей колючки. Данная смесь позволила повысить влагоёмкость засоленных и солонцовых почв на 20 %, увеличить содержание устойчивых биологически ценных микроагрегатов на 59,0–82,2 % (Карпенко Н. П., Егембердиев Д. К., Сейтказиев А. С. и др., 2019).

При внесении фосфогипса на лугово-чернозёмных солонцах эффект от гипсования по ряду показателей превосходил использование природного гипса. Так, в пахотном слое почвы уменьшение содержания обменного натрия происходило в 2 раза быстрее, снижение концентрации почвенного раствора в 1,5–2 раза выше (Окорко В. В., 2013).

Активно ведутся исследования по оценке воздействия фосфогипса нейтрализованного на свойства почвы в условиях Краснодарского края. Один из опытов был заложен на рисовой оросительной системе ФГУП РПЗ «Красноармейский» им. А. И. Майстренко филиал ФНЦ риса. Почва участка была представлена лугово-чернозёмной сверхмощной слабогумусной тяжелосуглинистой. На делянки вносили 4 т/га фосфогипса нейтрализованного в сыпучей и гранулированной формах, а также 4,4 т/га фосфогипса в смеси с гуматами. В результате исследования было выявлено влияние мелиорантов на содержание катионов в ППК. При осеннем внесении фосфогипса

нейтрализованного содержание катионов кальция в ППК увеличилось на 18,2–18,9, калия — на 12,7 %, магния снизилось на 2,8–2,9, натрия — на 0,7 %. Подобный результат выявлен и после весеннего внесения мелиорантов, но с меньшей эффективностью (Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., Есипенко С. В. и др., 2024).

Проведены исследования на территории Ростовской области по химической мелиорации земель рисовых чеков. Лабораторные исследования установили, что фосфогипс пригоден для улучшения почв хлоридно-сульфатного засоления, которые обладают магниевой солонцеватостью и недонасыщенностью обменным кальцием в почвенном поглощающем комплексе. При его внесении происходит ускорение процессов образования гипса, замены обменного магния и натрия кальцием (Бабенко А. А., 2024).

При внесении фосфогипса на лугово-чернозёмную солонцовую тяжелосуглинистую почву в условиях Краснодарского края были получены положительные результаты по влиянию на содержание натрия. Мелиорант был внесён в дозе 12 т/га под посевы риса в РОС ОПУ ФГБНУ «ФНЦ риса». В результате опыта произошло снижение содержания натрия во всех трёх исследованных почвенных горизонтах. Для слоя почвы 0–20 см на контроле содержание натрия находилось в диапазоне 100–150 мг/100 г, на мелиорируемом варианте — 62–125 мг/100 г, для слоя 20–40 см — 150–237 и 636–155 мг/100 г, для слоя 40–60 см — 200–375 и 75–300 мг/100 г соответственно. Важно отметить, что на следующий год реставрации осолонцованности на загипсованном участке не отмечалось (Белоусов И. Е., 2022).

В ходе продолжительных исследований выявлено влияние фосфогипса на микрофлору почвы. На чернозёме южном фосфогипс положительно влияет на численность грибной микрофлоры, при этом разница между эффектом от применяемых доз незначительна (Цховребов В. С., Умаров А. Б., Фаизова В. И. и др., 2019). Одновременно с этим достоверно увеличивалось содержание нитратного азота, хотя в количестве, неспособном существенно

повлиять на урожайность сельскохозяйственных культур (Цховребов В. С., Умаров А. Б., Фаизова Л. А. и др., 2019).

К похожим выводам пришли и индийские учёные. В их исследованиях было выявлено, что внесение 10 т/га фосфогипса привело к увеличению количества колоний микроорганизмов и грибов и повысило относительно контроля ферментативную активность почвы (Soumya N., Mishra C. S. K., Guru B. C. и др., 2011).

На чернозёме обыкновенном влияние фосфогипса на микрофлору подтверждено на посевах таких культур, как озимая пшеница, подсолнечник и кукуруза. Его внесение повысило на 10 % количество микроорганизмов, потребляющих органические формы азота, на 11 % — актиномицетов, на 16 % — целлюлозоразрушающих. Количество микроорганизмов ассимилирующих минеральный азот и колоний азотобактера повысилось на 8 % (Пономарева Ю. В., Белюченко И. С., 2005). Похожие результаты на данном подтипе почвы были получены и ранее, улучшение условий жизни для микроорганизмов усиливало разложение клетчатки и повышало численность азотобактера (Карасенко Л. М., 1983).

Фосфогипс также влияет и на агрофизические свойства почвы, за счёт чего во многом и достигается мелиорирующий эффект. Внесение данного мелиоранта на чернозёме обыкновенном привело к увеличению количества водопрочных агрегатов почвы до 82,4 % на глубину до 30 см, относительно контроля данный показатель вырос на 10 % (Белюченко И. С., Славгородская Д. А., 2013).

В целом, на чернозёмных почвах эффект прослеживается на глубину до 50 см, при этом улучшаются водопрочность макроструктуры почвы, физические и химические свойства (Ефанова Т. Г., 2014). Улучшение водонепроницаемости почвы и её способности удерживать влагу особенно ценно при нестабильности атмосферных осадков и дефиците продуктивной влаги. Нормализация воздушного режима почвы повышает газообмен между атмосферой и корнями растений, что в свою очередь хорошо сказывается

на дыхании растений и обмене кислородом (Монастырский Д., Куликова М. А., Шихов А. Р. и др., 2024).

Таким образом, в ходе изучения исследований применения фосфогипса на разных типах почв подтвержден его эффект на агрохимические свойства почвы. Внесение фосфогипса способно снизить солонцеватость почвы путём увеличения доли кальция в сумме поглощённых оснований за счёт снижения доли натрия и магния. На щелочных почвах внесение фосфогипса способно привести к смещению реакции pH в сторону нейтральности. В зависимости от внесённых доз повышается содержание кальция и фосфора в почве, а в определённых условиях и органического вещества. За счёт действия данного мелиоранта улучшаются не только агрохимические, но и водно-физические свойства почвы.

1.3. Использование фосфогипса в качестве поликомпонетного удобрения

Существует достаточно большое количество исследований, указывающих на возможность использования фосфогипса нейтрализованного в качестве поликомпонетного удобрения при возделывании сельскохозяйственных культур. Фосфогипс нейтрализованный так же, как и фосфогипс обыкновенный, оказывает пролонгированный эффект на продуктивность сельскохозяйственных культур. Так, оптимальный эффект от его внесения проявляется уже на третий год после внесения (Аканова Н. И. и др., 2018), а продолжаться, по разным источникам, может до 5 лет (Докучаева Л. М., Юркова Р. Е., Шалашова О. Ю., 2012), 7–8 лет (Аканова Н. И., 2013, Любимова И. Н. и др., 2006; Семендяева Н. В., Елизаров Н. В., 2014). Это подтверждает временность мелиоративного эффекта, а значит, и потребность в периодическом внесении фосфогипса нейтрализованного (Подколзин А. И., Бурлай А. В. и др., 1988).

При внесении фосфогипса в количестве 1 т/га на поле поступает 265 кг — Ca, 215 кг — S(общ.), 20 кг — P_2O_5 и 9,8 кг — SiO_2,

а следовательно, его можно считать не только мелиорантом, но и хорошим комплексным удобрением (Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., 2015).

Влиянию применения фосфогипса на урожайность сельскохозяйственных культур посвящено множество научных исследований и публикаций. В СССР в конце 70-х годов была проделана большая работа по обобщению данных порядка 150 полевых опытов. В результате данной работы был выведен норматив по прибавке урожайности яровой пшеницы от внесения фосфогипса, который составил 0,29 т/га. Данный показатель в качестве справочного был предназначен для подготовки проектов по химической мелиорации солонцовых почв в 1981–1985 гг. (Нормативы прибавок урожая…, 1979).

На чернозёме южном карбонатном среднемощном малогумусном тяжелосуглинистом при внесении 3, 6 и 12 т/га фосфогипса смогли добиться увеличения прибавки урожайности зерна озимой пшеницы сорта Таня на 19,3–27,6 %. При этом различные дозы мелиоранта продемонстрировали статистически одинаковый эффект, но превосходили прибавку от использования 250 кг/га сульфоаммофоса. Эффект от мелиоранта отслеживался в динамике и с учётом его последействия на второй год. Также не было оказано значимого влияния на качество зерна озимой пшеницы, на вариантах с применением фосфогипса зафиксировано только повышение показателя натуры. Содержание белка и клейковины варьировало слабо, продукция соответствовала 4-му классу зерна (Цховребов В. С., Умаров А. Б., Фаизова В. И., Новиков А. А., 2021).

На чернозёме обыкновенном солонцеватом среднесуглинистом в условиях Саратовской области прибавка урожайности ярового ячменя сорта Беркут от внесения 6 т/га фосфогипса совместно с удобрениями составила 0,84 т/га, или 36,2 %, к контролю. При этом увеличилась натура зерна — с 670 до 734 г/л, а содержание белка и клетчатки, наоборот, снизилось на 1,38 и 3,0 % соответственно. Рентабельность при данном варианте внесения фосфогипса составила 119,6 %, условный чистый доход — 15 490 руб/га (Троц Н. М., Боровкова Н. В., Соловьев А. А., 2022). Также дозы фосфогипса от 2,0

до 6,0 т/га позволили добиться в 2022 г. прибавки урожайности озимой пшеницы сорта Новоершовская в размере от 0,54 до 0,91 т/га (Минахин С. Н., 2022).

В ходе заложенного в 2017 г. в Ростовской области производственного опыта на чернозёме обыкновенном карбонатном применение 5 т/га фосфогипса обеспечило прибавку урожайности озимой пшеницы в 0,74 т/га. Данная прибавка, по мнению исследователей, была обеспечена за счёт формирования большего числа растений и продуктивных стеблей на 1 м^2. Также на варианте с мелиорантом улучшилось качество зерна озимой пшеницы: содержание белка повысилось на 1,8, содержание клейковины — на 2,8, показатель стекловидности — на 3,0 %. Полученная сельскохозяйственная продукция соответствовала 2-му классу качества зерна (Визирская М. М., Аканова Н. И., Бельтюков Л. П., 2020).

На чернозёме выщелоченном внесение фосфогипса в дозировке 10 т/га позволило увеличить урожайность зерна кукурузы на 1,7–2,4, семян подсолнечника на 1,0 т/га (Имгрунт И. И., 2004; Мищенко Н. А., Громыко Е. В., Калиниченко В. П. и др., 2009).

В 2023–2024 гг. коллектив учёных из Краснодарского края провёл исследования эффективности фосфогипса нейтрализованного в качестве многокомпонентного удобрения на посевах озимой пшеницы. В качестве объектов исследований были выбраны чернозём выщелоченный слитой и лугово-чернозёмная почва. Схема опыта предполагала использование фосфогипса в трёх формах: сыпучей, гранулированной и в сочетании с гуматами (в виде и многокомпонентного органоминерального удобрения). Сравнение проводили с чистым контролем и фоновым внесением удобрений, содержащим фосфора столько же, сколько и во вносимом мелиоранте. В результате было установлено, что доза фосфогипса нейтрализованного в 4 т/га позволяет на 1–2 раза заменить использование фосфорных удобрений, обеспечив такую же урожайность и качество зерна. Урожайность озимой пшеницы на вариантах с фосфогипсом превосходила контроль на 35,2–35,9 %,

в то же время вариант с внесением фосфорных удобрений повысил урожайность на 33,3 %. Разные формы мелиоранта также повысили содержание клейковины на 2,1–2,2, содержание белка на 2,4–2,6 % (Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., Хурум Х. Д. и др., 2024).

Внесение 1, 2 и 3 т/га фосфогипса на дерново-подзолистой почве оказало благоприятный эффект на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы. Доза 1 т/га фосфогипса повысила урожайность озимой пшеницы на 8,8, 2 т/га – на 10,9, 3 т/га — 12,1 %. При этом совместное внесение данных доз фосфогипса вместе с NPK 10:26:26 позволило увеличить урожайность на 53–55 %. Содержание белка увеличилось на вариантах с фосфогипсом на 14,3, 18,7 и 20,0 % соответственно (Аканова Н. И., Холомьева Л. Н., Плескачев Ю. Н. и др., 2024).

Данные исследования были продолжены в 2022 г., когда было исследовано последействие от внесения 1, 2 и 3 т/га фосфогипса на дерново-подзолистой почве. На опыте возделывалась озимая пшеница, норма высева — 5 млн всхожих семян на гектар. Внесение разных доз фосфогипса позволило увеличить полевую всхожесть семян озимой пшеницы на 0,8–1,9 % относительно контроля. При этом в сроках прохождения фенологических фаз растений существенных различий между вариантами выявлено не было. Эффект от внесения фосфогипса обеспечил прибавку урожайности озимой пшеницы в размере от 0,16 до 0,23 т/га. Разбор снопов при биологическом учёте урожайности установил, что рост урожайности связан в первую очередь с увеличением числа продуктивных стеблей при несущественной разнице в массе самого зерна (Холомьева Л. Н., Можаренко М. Н., 2023).

Применение компоста на основе фосфогипса нейтрализованного (3 т/га) совместно с полуперепревшим навозом (20 т/га) дало положительный результат на чернозёме выщелоченном. За 3 года исследований средняя прибавка урожайности зерна кукурузы составила 2,73 т/га. Себестоимость продукции на контроле составила 325,8 руб/ц, на варианте с внесением компоста на основе

фосфогипса нейтрализованного — 261,5 руб/ц при уровне рентабельности в 152,3 % (Жиленко С. В., Аканова Н. И., Винничек Л. Б., 2016).

Положительный результат на данном типе почв был получен и при закладке стационарного полевого опыта в условиях Курганской области. Фосфогипс на делянки вносили в дозе 0,5 и 1,0 т/га в сочетании с различными дозами минеральных удобрений. В итоге за период наблюдений с 2012 по 2014 г. самым продуктивным стал вариант с использованием 1,0 т/га фософгипса совместно с азотными и фосфорными удобрениями. Суммарная продуктивность варианта с удобрениями за ротацию звена севооборота составила 6,75, а с добавлением фосфогипса 7,18 т/га. Относительно контроля прибавка урожайности яровых зерновых культур в среднем за период исследования составила 26 % (Плотников А. М., Тарабаев В. П., 2016).

В ходе опытов по внесению фосфогипса на щелочных почвах магниевого осолонцевания бассейна рек Аса-Талас (Республика Казахстан) были получены положительные результаты по влиянию на продуктивность кукурузы. Рост растений на вариантах с применением разных доз фосфогипса (от 3 до 7 т/га) превосходил контрольный вариант на 10–50 см. При этом на самом продуктивном варианте (7 т/га) биологическая урожайность зерна кукурузы составила 13,3, а на контроле всего 7,7 т/га (Бекбаев Р., 2017). Внесение фосфогипса на ферраллитных почвах привело к повышению урожайности зерна кукурузы на 29–50 %, а люцерны на 50 % (Toma M., Sumner M. E., Weeks G. и др., 1998).

В производственном опыте на серых почвах в Республике Казахстан проводили исследования по эффекту от внесения фосфогипса (5 т/га) на урожайность кукурузы в условиях орошаемого земледелия. В чистом виде внесение 5 т/га фосфогипса привело к увеличению продуктивности зерна кукурузы на 0,5 т/га, а в сочетании с водным раствором аммиака (50 кг/га) — на 2,09 т/га (Mirdadayev M. S., Basmanov A. V., Balgabayev N. N., 2024).

Фосфогипс можно эффективно использовать и при возделывании овощных культур на слабозасоленной аллювиально-луговой почве.

При проведении опыта с внесением фосфогипса были получены достоверные данные по влиянию на урожайность корнеплодов моркови. Доза фосфогипса 1,5 т/га обеспечила прибавку урожайности в 21,8, 3 т/га — 31,4, 4,5 т/га — 41,4 %. При этом произошло снижение качественных показателей корнеплодов моркови: содержание сухого вещества, массовая доля общего сахара и витамина С были обратно пропорциональны дозе внесенного мелиоранта и уступали контролю (Аканова Н. И., Холомьева Л. Н., Можаренко М. Н. и др., 2023).

Гипсование солонцовых почв позволяет обеспечить прибавку урожайности корнеплодов сахарной свёклы в 3,0–6,0, капусты — на 5,5, семян льна — на 0,5–0,8 т/га (Шильников И. А., Сычев В. Г., Аканова Н. И., 2013). Достижение прибавки урожайности в ряде случаев осуществляется не только за счёт мелиорирующего эффекта, но и работы фосфогипса в качестве фосфорного удобрения (Oster J. D., 1982).

Внесение фосфогипса влияет на урожайность картофеля. В 2021–2022 гг. внесение фосфогипса совместно с удобрениями повысило урожайность корнеплодов на 25,0–26,8 %, лучший результат получен при использовании 6 т/га фосфогипса. Также в зависимости от дозы фосфогипс способствовал накоплению в корнеплодах крахмала с 11,0 до 14,7 %, повышению содержания витамина С с 10,0 до 15,8 мг/кг. При этом выросло содержание нитратов с 122 до 134 мг/кг, но без превышения допустимых норм (Аканова Н. И., Троц Н. М., Можаренко М. Н. и др., 2023).

На тёмно-каштановой почве Саратовской области внесение фосфогипса в дозе 8 т/га совместно с аммофосом обеспечило полевую всхожесть растений сои в 94,2 %, при 86,1 % на фоновом варианте. К моменту уборки на данном варианте густота стояния растений составила 596,3 тыс. шт/га, что на 15 % выше, чем на фоне. Это позволило добиться прибавки урожайности сои в 0,19 т/га (Аканова Н. И., Холомьева Л. Н., Можаренко М. Н. и др., 2022).

Похожий результат получил и другой коллектив учёных из Саратовской области. Опыт проведён в 2022 г., почва участка представлена тёмно-каштановой среднесуглинистой. Агрохимический анализ выявил среднюю

степень обеспеченности почвы азотом и фосфором, а калием — высокую. Использован сорт сои Мезенка, возделывание проведено в условиях орошения участка. Фосфогипс внесен как в чистом виде (6 т/га), так и в сочетании с диаммофоской и карбамидом. Прибавка урожайности сои от 6 т/га фосфогипса составила 11,3 %, а от сочетания его с минеральными удобрениями — 25,8–51,2 % (Еськов И. Д., Рязанцев Н. В., Лихацкая С. Г. и др., 2023).

В условиях орошения на почвах Саратовской области применение фосфогипса оказало благоприятный эффект на урожайность посевов сои. Внесение мелиоранта в дозах 4, 6 и 8 т/га повысило урожайность сои соответственно на 0,57, 0,65 и 0,48 т/га. Данный результат может свидетельствовать о том, что повышенные дозы фосфогипса в краткосрочной перспективе менее эффективны, чем расчётные (Тонкошкур В. А., Полетаев И. С., Воронова Е. О., 2024).

От внесения фосфогипса на посевы сои с поливной водой также получен благоприятный результат. Доза фосфогипса 6 т/га при оросительной норме 2760 м^3/га обеспечила наилучшие параметры структуры урожайности: количество выполненных бобов на растение увеличивалось по сравнению с контролем на 11,0 шт., количество зёрен в бобе на 7,0 %, масса 1000 зёрен на 8,5 г (до 134,5 г). Прибавка урожайности сои в зависимости от дозы фосфогипса составила от 0,40 до 0,68 т/га (Денисов К. Е., Кравчук А. В., Полетаев И. С. и др., 2022).

На орошаемых солонцовых почвах Республики Узбекистан применение 0,8 т/га фосфогипса позволило добиться хорошего мелиоративного эффекта. Так, в ходе наблюдений на опытных участках прибавка урожайности относительно контроля составила для хлопчатника 1,4, зерна пшеницы — 1,9, зерна кукурузы — 4,5 т/га (Ниёзов Х. А., Комилов К. У., Курбонов Э. Ж. и др., 2020).

На чернозёме выщелоченном в стационарном опыте исследователи из Курганской области определили влияние удобрений и фосфогипса

на урожайность пшеницы и ячменя. Результаты наблюдений выявили наиболее тесную корреляционную связь урожайности с совместным внесением фосфогипса и азотных удобрений (Синявский И. В., Плотников А. М., Созинов А. В. и др., 2022).

Значительная работа проведена на территории Краснодарского края по исследованию применения фосфогипса нейтрализованного в рисоводстве. Его внесение на рисовых чеках позволяет компенсировать вымывание кальция из почвы, обеспечивает растения дополнительным количеством серы, кремния и фосфора. Применение фосфогипса в количестве 6 т/га создает такой же уровень содержания в почве подвижного фосфора, как и при внесении минеральных удобрений из расчета P_{80}. Негативного воздействия фосфогипса на содержание доступных растениям форм азота и калия не выявлено(Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., 2015).

В 2010–2012 гг. было заложено и проведёно 2 опыта на лугово-чернозёмных почвах. В первом опыте исследовали действие фосфогипса нейтрализованного в дозах от 1,5 до 5,0 т/га на фоне удобрений $N_{120}P_{90}K_{60}$, во втором — действие 3,0 т/га фосфогипса в сочетании разными дозами минеральных удобрений. В первом случае удалось получить среднюю за 3 года прибавку урожайности риса от фосфогипса в размере от 0,18 до 0,48 т/га, во втором — 0,42 т/га (Локтионов М. Ю., Аканова Н. И., 2015).

В краткосрочном опыте на луговой маломощной слабогумусной почве испытывали фосфогипс нейтрализованный в дозах 2, 4 и 6 т/га совместно с азотными и калийными удобрениями. Использование фосфогипса в такой схеме опыта было призвано обеспечить фосфорное питание в системе удобрения. В итоге внесение фосфогипса нейтрализованного усилило выживаемость растений риса, густота стояния растений выше на 24–25 шт/м^2 относительно использования удобрений в норме $N_{120}P_{80}K_{60}$. Максимальный эффект на урожайность риса оказал вариант с использование 4 т/га фосфогипса, он обеспечил прибавку в 0,57 т/га. Стоит отметить, что повышенная доза

(6 т/га) оказала негативный эффект — произошло снижение интенсивности поступления в растения азота, фосфора и калия (Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., 2015).

В развитие данной темы кубанские учёные в 2013–2014 гг. также провели опыт по определению оптимальных сроков внесения фосфогипса нейтрализованного под посевы риса — осенью или весной. При внесении расчётной дозы фосфогипса (4 т/га) весной прибавка урожайности риса составила 0,57, а при осеннем внесении — 0,98 т/га. Данный рост обеспечен повышением выживаемости растений, увеличением озернённости метёлки и массы зерна с одного растения (Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., 2015).

В опыте, заложенном в 2016 г., доза фосфогипса нейтрализованного в размере 3 т/га обеспечила стабильную прибавку урожая риса в течение 3 лет наблюдений. Со временем эффект от внесения фосфогипса угасал и снизился с 1,72 до 1,49 т/га. При этом фосфогипс нейтрализованный смог эффективно компенсировать фосфорное питание растений, полученный результат был сопоставим с вариантом с внесением P_{80} за счёт минеральных удобрений (Визирская М. М., Шеуджен А. Х., Аканова Н. И., 2020).

В 2015–2017 гг. проведён вегетационный опыт по определению реакции растений риса на внесение 2, 4 и 6 т/га фосфогипса нейтрализованного. В исследованиях были использованы сорта риса Рапан и Атлант. Фосфогипс в сочетании с азотными и калийными удобрениями продемонстрировал способность обеспечить растения элементами питания. Наилучший результат получен при использовании дозы фосфогипса в 4 т/га, с ней смогли добиться максимальной прибавки урожайности. Главные причины данного увеличения — снижение пустозерности и повышение массы зерна с основной метёлки (Зоз О. В., 2022).

Похожий результат получен и в ходе полевого опыта на луговой маломощной слабогумусной почве в Красноармейском районе Краснодарского края. Внесение 4 т/га фосфогипса нейтрализованного обеспечило прибавку урожайности риса на 12,6 %. Вместе с тем при внесении 2 т/га результат был

статистически неотличим от контроля, а при 6 т/га — прибавка составила всего 4,6 % (Верещакова А. А., Бондарева Т. Н., 2023).

Опыты по использованию фосфогипса в посевах риса проводили и за рубежом. Так, филиппинские учёные смогли добиться повышенной урожайности, делая акцент в исследованиях на снижении выбросов метана в атмосферу (Wassmann R., Lantin R. S., Neue H. U. et al., 2000).

Расчёты экономического эффекта от внесения нейтрализованного фосфогипса и его последействие на посевах риса показали конкурентоспособность мелиоранта относительно использования аммофоса. Так, в 2012 г. был заложен мелкоделяночный опыт на аллювиальной луговой почве, где внесли 4 т/га фосфогипса нейтрализованного совместно с азотно-калийными $N_{121}K_{60}$ удобрениями с последующей заделкой на глубину 8–10 см. Действие фосфогипса нейтрализованного сравнивали с контролем и стандартным вариантом, включающим в себя использование минеральных удобрений в норме $N_{121}P_{80}K_{60}$. В опыте был использован сорт риса Кумир, предшественник также рис. В итоге себестоимость зерна риса на опыте с мелиорантом снизилась относительно контроля на 17,6, в то время как на варианте с удобрениями — всего на 15,9 %. Это повысило чистый доход на 245,0 %, что на 12,3 % больше, чем при внесении аммофоса (Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., Гуторова О. А. и др., 2018). Периодическое внесение фосфогипса в посевах риса позволило сократить затраты относительно традиционной системы удобрения на 4155 руб/га и повысить рентабельность в первый год после внесения на 5,5 % (Визирская М. М., Шеуджен А. Х., Аканова Н. И., 2020).

Расчёты специалистов установили, что реализация кампании по гипсованию почв в таких регионах, как Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская и Вологодская области, позволит получить до 50 млрд руб. дополнительной прибыли за счёт прибавки урожайности сельскохозяйственных культур (Аграрная наука, 2020).

Внесение фосфогипса оказывает и опосредованный эффект на урожайность сельскохозяйственных культур. Так, прибавка урожая может быть достигнута за счёт повышения устойчивости растений к болезням и полеганию (Исамитдинов Р. Н., 2010). Фосфогипс благоприятно сказывается на фитосанитарном состоянии посевов озимой пшеницы (это достигается путём ускорения фазы кущения) и снижает количество мышевидных грызунов (Белюченко И. С., Добрыднев Е. П., Гукалов В. В. и др., 2011).

Таким образом, влияние фосфогипса на продуктивность и качество сельскохозяйственных культур достаточно эффективно. Прибавка урожайности может осуществляться за счёт как мелиорирующего эффекта, так и работы фосфогипса в качестве комплексного удобрения. Урожайность сельскохозяйственных культур при этом может увеличиваться на 15–30 %.

1.4. Агроэкологическая оценка применения фосфогипса нейтрализованного

При накоплении в одном месте миллионов тонн фосфогипса негативное влияние на экологию оказывается в радиусе десятков километров, ведь данный вид отходов приравнен к IV классу опасности (Самонов А. Е., Мелентьев Г. Б., Ваньшин Ю. В., 2008). Высота данных техногенных объектов может достигать нескольких десятков метров (Zakharova T., Tatano F., Menshikov V., 2002).

Наличие хранилища фосфогипса приводит к изменению геохимической обстановки в прилегающем ландшафте, под его воздействием меняется физико-химическая характеристика растительности, почвы и водных объектов (Елсукова Е. Ю., Недбаев И. С., 2022; Pérez-López R., Macías F., Ruiz Cánovas C. et al., 2016). Вредоносное влияние может отслеживаться в атмосферном воздухе, в подземных и поверхностных водах, в почве и растительном покрове (Гончаров В. М., Скориков С. В., 2014; Жидков А. Н., Коженков Л. Л., 2022).

Ещё больший ущерб экологии наносится при сбросе фосфогипса в прибрежную зону, что влечёт за собой существенное накопление токсичных элементов в донных отложениях (Samad O., Aoun M., Nsouli B. et al., 2014).

Отдельная экологическая проблема отвалов фосфогипса лежит в их повышенной радиоактивности. Так, по расчётам бразильских учёных, суммарная активность радионуклидов, накопленных в хранилищах фосфогипса Бразилии, составляет 12,4 ТБк. Из них 0,27 ТБк ^{238}U; 0,35 ТБк ^{234}U; 2,3 Тбк ^{230}Th; 2,7 ТБк ^{226}Ra; 3,3 ^{210}Pb; 1,0 ТБк ^{232}Th; 1,3 ТБк ^{228}Ra и 1,1 ТБк ^{228}Th (Saueia C. H. R., Mazzilli B. P., 2006). Также был выявлен повышенный риск и для населения Европейского союза, где предприятия фосфатной промышленности также формируют повышенную радиотоксичность (Betti M., Aldave De Las Heras L., Janssens A. et al., 2002).

Исследования, проведённые вокруг отвала фосфогипса в Кингисеппском районе Ленинградской области, выявили проблемы с содержанием некоторых опасных элементов. Так, в непосредственной близости от отвала зафиксировано превышение ПДК по марганцу, меди и свинцу. В почвах на самом отвале фосфогипса и в хвостохранилище зафиксированы превышения ПДК по марганцу, меди, свинцу, никелю и цинку (Елсукова Е. Ю., Недбаев И. С., Кузьмина Д. С., 2022).

Учёные в Казахстане считают, что отвалы фосфогипса могут становиться причиной выбросов опасных веществ в атмосферный воздух. Концентрация паров, содержащих тяжёлые металлы, сульфаты, фторсиликаты, фториды водорода и фосфор, кадмий и ^{226}Ra, может повлечь проблемы с экологией в соседних районах и населённых пунктах (Жуматаева С. Б., Жантасов К. Т., Бержанов К. Т. Д. и др., 2023).

Ставропольский край также имеет проблемы с хранением фосфогипса на своей территории. По данным периодических наблюдений, отвалы твёрдых отходов производства фосфорных удобрений ОАО «Невинномысский Азот» привели к загрязнению грунтовых вод в округе свинцом, кадмием, никелем, нитратами, фосфатами, марганцем (Присс О. Г., 2008).

Для предотвращения негативного воздействия на окружающую среду отвалы фосфогипса необходимо утилизировать. В качестве одного из самых доступных и простых способов утилизации выступает его применение в роли мелиоранта солонцовых почв. Несмотря на то, что отечественное сырьё является относительно экологически чистым, химическая мелиорация всё равно должна сопровождаться систематическими наблюдениями за накоплением потенциально опасных веществ в почве и растениях (Сычев В. Г., Шевченко В. А., Гречишкина Ю. И. и др., 2023).

В 1992 г. в Российской Федерации была принята Национальная научно-техническая программа «Глубокая переработка сырья и новые материалы», в которой обращается внимание на разработку и испытание эффективных и экологически безопасных технологий. Применение попутных продуктов промышленного производства минеральных удобрений справедливо связывают с проблемой рационального использования природных ресурсов. При этом решается комплекс задач и проблем: более полное использование сырьевых ресурсов, создание производства новых продуктов, улучшение экологической обстановки в регионе (Шеуджен А. Х., 2020).

Фосфогипс нейтрализованный содержит в своём составе потенциально опасные для здоровья человека и животных токсиканты: мышьяк, стабильный стронций, фтор, цинк, кадмий, свинец, ртуть, медь, кобальт, никель и марганец (Локтионов М. Ю., Аканова Н. И., 2015; Khokimov A., 2022). При процессе нейтрализации фосфогипса водородный показатель повышается с pH = 1,5–3,0 до pH = 5,0–7,0. Вместе с этим в мелиоранте токсиканты переходят в менее доступные формы соединений и/или полностью выводятся из состава фосфогипса (Агапова П. В., Киселёв М. В., Фрейдкин И. А., 2024).

Несмотря на это, игнорировать вопросы экологической безопасности при использовании фосфогипса нейтрализованного в качестве мелиоранта не целесообразно. Эффект от содержащихся в нём токсикантов может проявляться опосредовано по схемам: почва – растение – человек, почва –

вода – человек, почва – растение – животное – человек (Любимова И. Н., Борисочкина Т. И., 2007).

Исследования, проведённые в 2001–2006 гг., установили сильную вариабельность валового содержания примесей, входящих в состав фосфогипса (Приложение 2). Среди примесей наибольший удельный вес имеют такие элементы, как титан, железо, стронций, фтор, барий, марганец, хром, лантан и церий (Муравьев Е. И., Добрыднев Е. П., Белюченко И. С., 2008).

На содержание некоторых потенциально опасных веществ в фосфогипсе значительно влияет сырьё, из которого он был произведён. Существенная часть фосфорных удобрений на территории Российской Федерации производится из фосфоритов Ковдорского месторождения либо из апатитов Хибинского месторождения. При использовании фосфоритного сырья в фосфогипсе снижается содержание стронция по сравнению с использованием апатитов, 400–600 против 1400 мг/кг соответственно. В фосфогипсе из обоих типов сырья угрозу для экологии может представлять кадмий, в фосфоритном сырье присутствует повышенное содержание свинца. Также фосфогипс из апатитового сырья содержит несколько большее количество фосфора и фтора (Окорков В. В., 2012).

Использование фосфогипса совместно со средствами химизации без научного обоснования может приводить к негативным последствиям. При следовании такому подходу существует риск увеличения в почве содержания кадмия и повышения его доступности растениям. Данная проблема обосновывает необходимость периодического мониторинга экологической безопасности почвы (Куликова Е. В., Горбунова Н. С., Куликов Ю. А., 2023).

Стронций в фосфогипсе содержится в значительном объёме, цифры сопоставимы с его содержанием в фосфорных удобрениях или даже превышают их. Опасность стронция кроется в его схожести в химическом плане с кальцием, особенно сильно это свойство проявляется на кислых почвах (Belyuchenko I. S., 2014).

Исследования на чернозёме обыкновенном выявили рост содержания стронция в зерне озимой пшеницы при внесении 5 т/га фосфогипса. Данное явление авторы работы не считают критичным, так как произошёл одновременный рост и содержания в зерне кальция. Данные элементы находятся в антагонизме друг другу, и в этом примере была выявлена дискриминация стронция относительно кальция, соотношение составило 7,62 (Визирская М. М., Аканова Н. И., Бельтюков Л. П., 2020). В наших исследованиях также была установлена тесная прямая корреляционная связь (0,97 и 0,98) между содержанием стронция в почве и в зерне озимой пшеницы (Гречишкина Ю. И., Матвиенко А. В., 2023).

После проведения процедуры нейтрализации фосфогипса количество стабильного стронция в мелиоранте снижается (0,46 %). Это является одной из отличительных черт фосфогипса нейтрализованного, которая при внесении в дозе 10–15 т/га сохраняет экологически безопасное соотношения кальция к стронцию в почве (Байбеков Р. Ф., Шильников И. А., Аканова Н. И., 2012).

Использование извести является одним из самых распространённых способов нейтрализации фосфогипса. При смешивании извести в виде суспензии с фосфогипсом в итоге получается наименьшее количество побочных отходов, процесс хорошо контролируем и может оперативно корректироваться (Есиркепова Э. Ш., Комилов К. У., 2024).

Кроме влияния на стронций использование извести для нейтрализации фосфогипса имеет и другие положительные качества. Так, известь позволяет снизить поступление свинца в сельскохозяйственную продукцию. Для изучения данного эффекта учёные провели сравнение внесённых доз извести и цеолита на дерново-подзолистой почве, куда была внесена смесь тяжёлых металлов — свинца, кадмия и цинка. В качестве объекта исследования была выбрана морковь, так как корнеплодные культуры очень чувствительны к наличию в почве загрязняющих веществ. В ходе исследований был получен следующий результат: на вариантах с 40 т/га извести содержание свинца в корнеплодах моркови не превысило ПДК, а с внесением 40 т/га цеолита— было выше ПДК.

Это позволило говорить о снижении доступности свинца за счёт внесения извести. На темпы накопления свинца влияет pH почвы, чем она ниже, тем выше темп (Тяжелые металлы и радионуклиды..., 1994).

В том же опыте авторами было оценено и влияние на доступность кадмия растениям после использования извести. Здесь результаты были неудовлетворительные, на всех вариантах не удалось понизить содержание кадмия до экологически безопасных. Расчёты установили, что данный метод может быть действенным только при очень слабом загрязнении почвы данным тяжёлым металлом (Тяжелые металлы и радионуклиды..., 1994).

Отрицательные свойства фосфогипса нейтрализованного (обусловленные содержанием в его составе стронция, кадмия и мышьяка) могут быть компенсированы свойствами мелиорируемой почвы. Содержание в почве карбонатов и тяжёлый гранулометрический состав способны снизить мобильность данных элементов и обезопасить сельскохозяйственную продукцию от загрязнения (Мищенко Н. А., Громыко Е. В., Калиниченко В. П. и др., 2009).

К положительным свойствам фосфогипса нейтрализованного можно отнести содержание в его составе фосфора. Увеличение в почве количества подвижных форм фосфора приводит к повышению числа фосфатов тяжёлых металлов, которые в свою очередь трудно доступны для растений (Овчаренко М. М. и др., 1997).

Внесенный в почву фосфогипс нейтрализованный способен связывать алюминий и другие токсичные ионы, что благоприятно сказывается на развитии растений. Одновременно с этим при слишком высокой концентрации данного мелиоранта может произойти избыточное накопление кальция в почве, приводящее в свою очередь к угнетению растений (Монастырский Д., Куликова М. А., Шихов А. Р. и др., 2024).

Исследования на тёмно-каштановых почвах установили экологическую безопасность внесения фосфогипса нейтрализованного в дозировке до 4–8 т/га по ряду показателей. Содержание мышьяка в семенах подсолнечника

варьировало в пределах 0,11–0,17 мг/кг, существенной разницы не выявлено. По содержанию свинца варианты с фосфогипсом превысили контроль на 20,6–67,6, по содержанию кадмия — на 32,7–65,4 %. Несмотря на увеличение содержания данных токсикантов, сельскохозяйственная продукция соответствует санитарно-гигиеническим нормам (Аканова Н. И., Дубровских Л. Н., Денисов К. Е., 2021).

При внесении 1,5–5,0 т/га фосфогипса нейтрализованного в ходе возделывания риса загрязнения ни почвы, ни растений опасными элементами не было выявлено. Содержание подвижного фтора в верхнем слое почвы статистически не отличалось от контрольного и фонового значения, находилось в пределах уровня ПДК. Подобный результат получен и по содержанию тяжёлых металлов: цинка, кадмия, свинца, ртути, меди, кобальта, никеля и марганца. В зерне риса все показатели содержания токсикантов также соответствуют нормам безопасности для сельскохозяйственной продукции (Локтионов М. Ю., Аканова Н. И., 2015).

Наблюдения на стационарном опыте с 2016 по 2019 г. последействия от внесения 3 т/га фосфогипса нейтрализованного также не выявили проблем в области экологической безопасности. Содержание тяжелых металлов и стабильного стронция в почве и зерне риса полностью соответствовало санитарным нормам (Визирская М. М., Шеуджен А. Х., Аканова Н. И., 2020).

В целях поддержания экологической безопасности в отношении избыточного содержания марганца и меди на бедных алюминием почвах рекомендуют внесение фосфогипса. Его внесение позволяет улучшить соотношения Ca/Al, Ca/Cu и Ca/Mn до благоприятного, особенно на посевах культур, сильно реагирующих на подщелачивание почвы (Кремзин Н. М., 1990).

Применение фосфогипса в дозах от 0,5 до 3,0 т/га на дерново-подзолистой почве позволило получить экологически безопасное зерно озимого ячменя. Концентрация меди была ниже максимально допустимого уровня в 2,9–4,7, цинка — в 2,1–2,6 раза, при обратной зависимости концентрации данного элемента от дозы фосфогипса. Содержание кобальта от дозы фосфогипса

не зависело, ртуть и мышьяк не обнаружены (Косодуров К. С., Федотова Л. С., Аканова Н. И. и др., 2018). Подобный результат получен и при внесение 1–3 т/га фосфогипса на посевах озимой пшеницы, лабораторный анализ образцов почвы не выявил достоверного увеличения концентрации подвижных форм тяжёлых металлов. Все значения укладывались в интервал ПДК (Аканова Н. И., Холомьева Л. Н., Плескачев Ю. Н. и др., 2024).

При возделывании картофеля данные дозы фосфогипса также экологически безопасны. В ходе исследований в 2013 и 2015 гг. было выявлено, что доза мелиоранта в 3 т/га увеличила накопление в клубнях картофеля никеля и кадмия по сравнению с прочими вариантами опытов. При этом данное содержание всё равно существенно ниже ПДК. Содержание марганца в клубнях в первый год после внесения фосфогипса, наоборот, снизилось, так как поглощению растениями данного элемента препятствует вносимый кальций (Федотова Л. С., Князева Е. В., Тимошина Н. А., 2017; Федотова Л. С., Аканова Н. И., Косодуров К. С., 2019).

Схожий результат при возделывании картофеля получен и на чернозёме солонцеватом, где испытывались возрастающие дозы фосфогипса — от 2 до 8 т/га на фоне применения минеральных удобрений. Данные исследований за 2021–2022 гг. отметили некоторое снижение в почве валового содержания свинца и марганца при увеличении содержания меди, железа и никеля. Несмотря на вариативность данных показателей по вариантам, значения находились ниже установленных пределов ОДК и ПДК. В полученной сельскохозяйственной продукции содержание токсикантов также находилось в пределах нормы и угрозы не представляло (Аканова Н. И., Троц Н. М., Можаренко М. Н. и др., 2023).

Проведенный опыт на луговом корковом солонце продемонстрировал незначительное увеличение в почве содержания тяжёлых металлов. При этом содержание подвижных форм цинка, меди, кадмия на луговом солонце ниже предельно допустимых концентраций, однако превышает фоновые показатели.

Элементом, вызывающим наибольшие опасения в области экологии, авторы признали свинец (Гузеева С. А., Митриковский А. Я., 2022).

Другим способом оценки токсичности фосфогипса является использование метода биотестирования. Цель метода — оценить не только токсичности мелиоранта, но и их влияние на начальный рост и развитие выбранного тест-объекта. В проведённом эксперименте учёные использовали семена горчицы белой, которые проращивали на вытяжке из фосфогипса. Результат установил, что фосфогипс стимулировал рост корешков тест-растения и не нанёс вреда его развитию (Мельник О. А., 2022).

Для повышения экологической безопасности вносить фосфогипс нейтрализованный рекомендуется совместно с органическими удобрениями. Так, использование горчицы белой в качестве сидерата позволило снизить доступность растениям тяжёлых металлов из мелиоранта. Проведённый корреляционный анализ результатов исследования установил сильную связь между органическим веществом в почве и железом, свинцом, марганцем. С медью и цинком выявлена средняя связь, а с кадмием — умеренная (Мельник О. А., 2022).

Таким образом, в ходе многочисленных исследований установлено, что хранилища фосфогипса представляют собой существенную угрозу для экологии. Для минимизации возникающего ущерба окружающей среде необходимо наладить процесс утилизации фосфогипса, для этих целей хорошо подходит использование его в качестве химического мелиоранта. Выше озвученные данные исследований ряда учёных свидетельствуют о том, что при внесении фосфогипса нейтрализованного в почву в научно обоснованных дозах он не представляет угрозы для здоровья человека, животных и растений. Отслеживаемые токсиканты находятся в рамках экологически установленных норм как в почве, так и в сельскохозяйственной продукции.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Характеристика места и условий исследований

Исследования были проведены в условиях Центрального Предкавказья на территории Ставропольского края в зоне неустойчивого увлажнения на чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом. Опыт был заложен на территории ИП Глава К(Ф)Х Сабынин Г. К., которое находится в Андроповском муниципальном округе.

В целом для климата здесь характерно неустойчивое увлажнение, жаркое лето, короткая и умеренная зима, не резкая смена времён года. Лето довольно жаркое, со среднемесячной температурой июля 22–24 ºС. Осадков за период активной вегетации выпадает порядка 300–350 мм. Основные агроклиматические показатели с ближайшего к месту проведения опыта пункта метеорологического наблюдения представлены в Таблице 1.

Таблица 1 — Средние агроклиматические показатели места проведения полевых исследований за многолетний период, по данным метеостанции г. Минеральные Воды

Показатель	Величина
Среднегодовая температура воздуха (°С)	9,3
Сумма температур за период с t ≥ +10 °С (°С)	3000–3200
Годовая сумма осадков (мм)	450–550
В том числе за период с t ≥ 10 °С (мм)	300–350
Гидротермический коэффициент	0,9–1,1
Запасы продуктивной влаги к началу вегетации в слое почвы 0–100 см (мм)	160–200

За год выпадает 450–550 мм осадков при гидротермическом коэффициенте (ГТК) 0,9–1,1 и сумме температур 3000–3200 ºС. Зима умеренно мягкая, средняя месячная температура января –3,0º...–0,5 ºС минимальная — 32º...–34 ºС. Высота снежного покрова варьирует от 10 до

30 см. Сход снежного покрова отмечается в начале марта, возобновление вегетации озимых сельскохозяйственных культур в конце марта — начале апреля. Продолжительность безморозного периода составляет 180–195 дней (Чекмарёв П. А., Ситников В. Н., Егоров В. П. и др., 2019).

В среднем продолжительность зимнего периода составляет порядка 100 календарных дней. За точку отсчёта данного периода принят момент перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С. Заморозки возможны со второй половины октября, заканчиваются в конце апреля – начале мая. Также в холодный период наблюдаются постепенные перепады температуру с +4 °С до –19 °С. Почва промерзает на 26 см в глубину. Зимы сильно отличаются, одни могут быть с низкими температурами и высоким снежным покровом, другие тёплые и практически без снега.

Срок возобновления весенней вегетации озимых растений обычно приходится на третью декаду марта или первую декаду апреля. Прекращается вегетация растений во второй декаде ноября.

Для летнего период характерно неустойчивое выпадение осадков, которые в основном имеют ливневый характер. В самые жаркие моменты периода температура переходит отметку +37 °С. В таких условиях заметно усиливается испарение влаги из почвы, при этом происходит снижение относительной влажности воздуха до 40–51 %. Возможны засухи с сопутствующими им суховеями, скорость ветра при которых может достигать 15 м/с и свыше.

Рельеф участка представлен пологими склонами к горе Кручёная и небольшими повышениями. Естественная растительность участка представлена доминантным растительным сообществом, включающим овсяницу скальную (*Festuca rupicola*), овсяницу валисскую (*Festuca valesiaca*) и подмаренник русский (*Galium ruthenicum*) (Дзыбов Д. С., 2018).

Для оценки погодных условий в период наблюдений были использованы данные мобильной метеостанции с. Крымгиреевского по среднемесячной температуре воздуха и количеству выпавших осадков (Приложения 3 и 4).

В качестве средних многолетних значений взяты справочные данные, принятые за норму (Бадахова Г. К., Кнутас А. В., 2007).

Средние данные по температурному режиму и влагообеспеченности за период исследований представлены на рисунках 1 и 2.

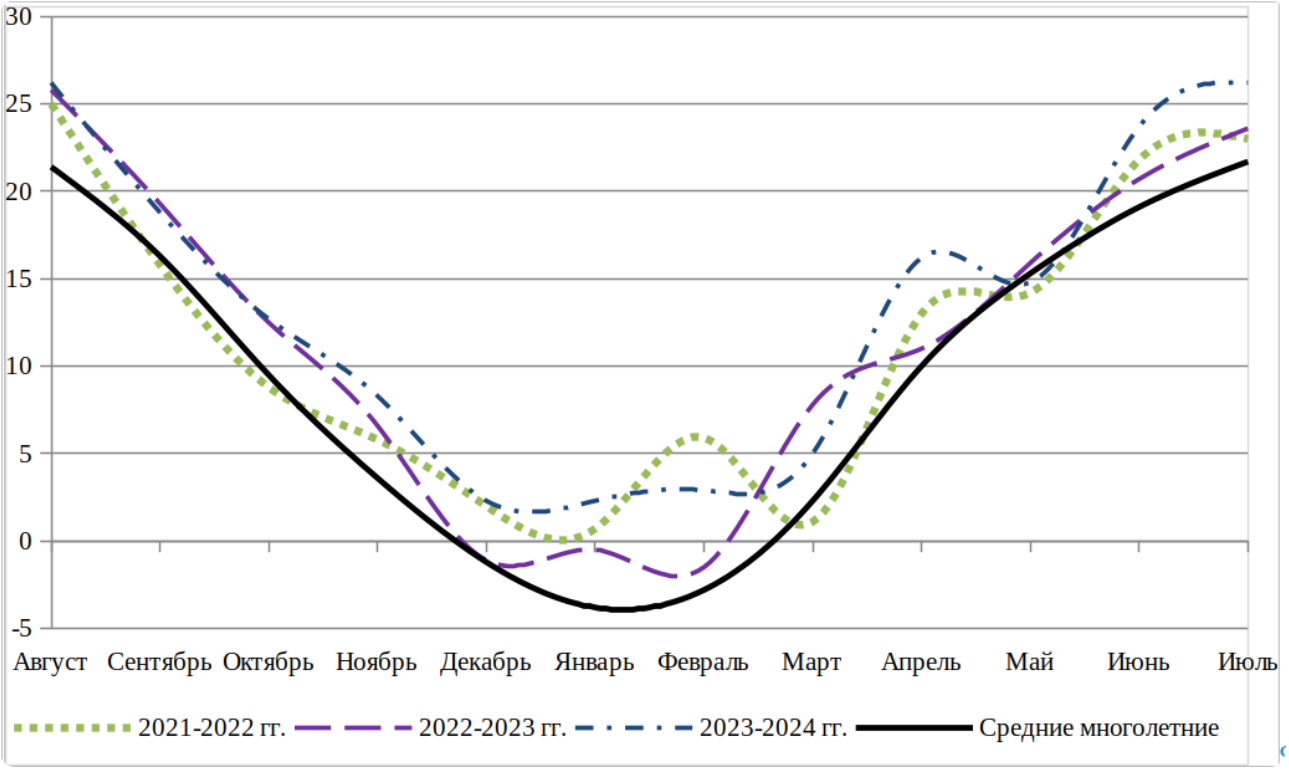


Рисунок 1. Среднесуточные температуры воздуха за годы исследований по данным метеостанции г. Минеральные Воды

В целом данные за период исследований 2021–2024 гг. свидетельствуют о годовом повышении температуры воздуха относительно нормы на 2,8 ºС. Это подтверждает высказываемые учёными тезисы о постепенном потеплении климата в Ставропольском крае (Хрипунов А. И. и др., 2014; Антонов С. А., 2017).

В 2021–2022 гг. часть исследованных месяцев (сентябрь, октябрь, март, май) были холоднее относительно средних многолетних показателей. При этом февраль выдался аномально тёплым, его значения превышают норму на 8,7 ºС. В целом за год среднесуточная температура теплее на 2,1 ºС.

В 2022–2023 гг. тенденция на повышение среднесуточной температуры усилилась, в среднем по году она была выше нормы на 2,4 °С. Также стоит отметить, что не в каждом месяце данного периода температура превосходила норму. Сильнее всего это проявилось в марте (+5,5 °С).

Самым тёплым из рассматриваемых периодов наблюдений стал 2023–2024 г. Превышение нормы в целом за период составило +4,0 °С. Среднемесячная температура не опускалась ниже отметки в 0 °С даже в зимний период.

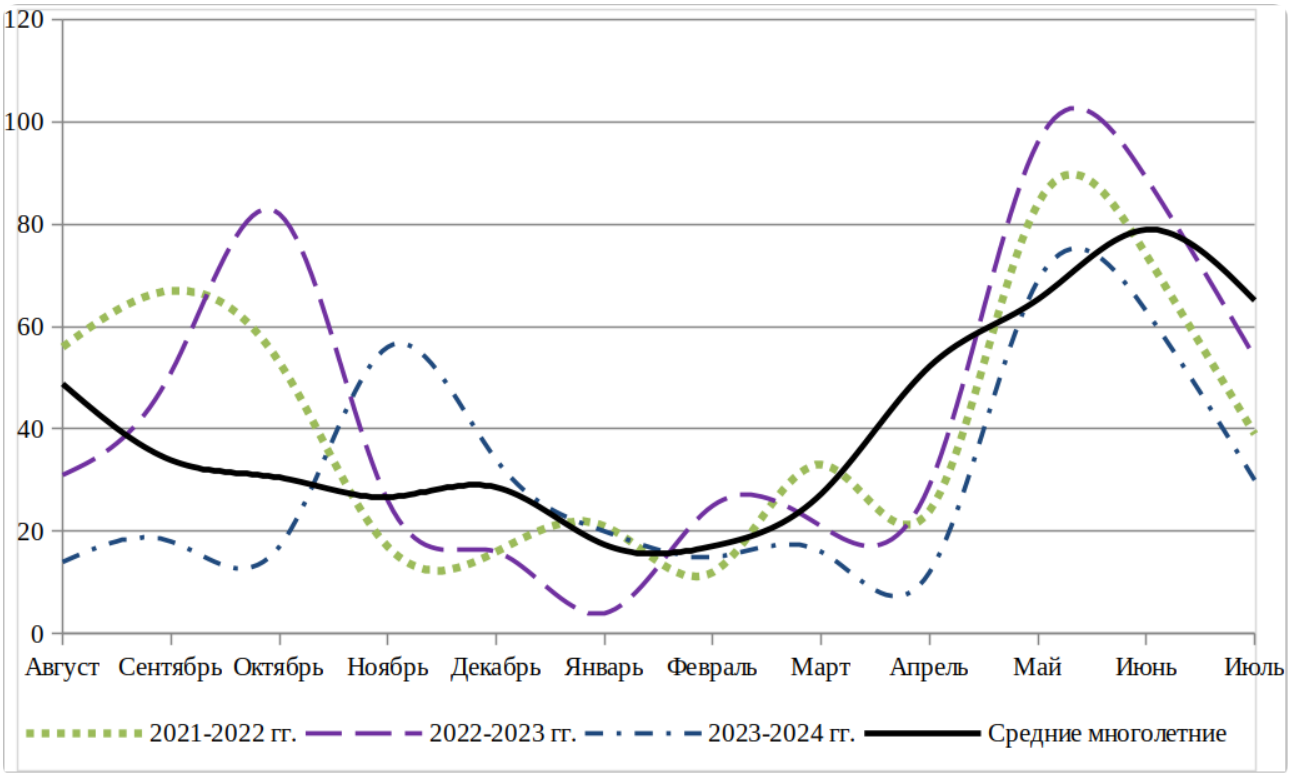


Рисунок 2. Сумма осадков за годы исследований по данным метеостанции г. Минеральные Воды

По количеству выпавших осадков среднее значение за период исследований составило 94 % от нормы. Полученные данные свидетельствуют о варьировании в течение периодов наблюдения выпавших за месяц осадков относительно средних многолетних значений.

Первые два года исследований обладают схожей динамикой выпадения осадков. С августа по ноябрь присутствует избыток осадков. Зимний период и ранняя весна в целом характеризуются дефицитом влаги. В мае и июле также выпало достаточное количество осадков, которое достигло 129 и 147 % от нормы. Если оценивать суммарное количество выпавших осадков за 2021–2023 гг., то они были близки к норме (101 и 107 % соответственно).

На фоне вышеизложенного существенно выделяются показатели погодных условий 2023–2024 г. Значение суммы осадков только в 74 % от многолетней нормы является свидетельством дефицита влаги за данный вегетационный период. Также, по полученным данным, прослеживается неравномерность выпадения осадков, на фоне дефицитных по влаге выделяются 3 месяца с избыточным увлажнением относительно нормы: ноябрь — 210 % от нормы, декабрь — 119 и январь — 115 %.

Таким образом, погодные условия 2021–2022 и 2022–2023 гг. характеризовались как благоприятные для возделывания озимой пшеницы, 2023–2024 г. — как удовлетворительные.

2.2. Агрохимическая характеристика места проведения исследований

По данным почвенного обследования, выполненного Ставропольским филиалом института «Кубаньгипрозем» (1991 г.), почва опытного участка представлена чернозёмом обыкновенным слабосолонцеватым глубокосильносолончаковатым малогумусным среднемощным. Для оценки агрохимической характеристики опытного участка до закладки опыта были отобраны почвенные образцы в слоях 0–20 и 20–40 см (Таблица 2).

В пахотном горизонте почва опытного участка содержит 5,1 % органического вещества, что соответствует средней группировке содержания.

Запасы подвижного фосфора по методу Мачигина в модификации ЦИНАО составили 32 и являются повышенными, подвижного калия —

423 мг/кг, что соответствует высокому содержанию. Реакция pH водной суспензии составляет 7,5 ед., что соответствует нейтральной группировке.

Таблица 2 — Агрохимические показатели опытного участка

Глубина взятия обр., см	pH_{H2O}	Подвижн. P_2O_5, мг/кг	Подвижн. K_2O, мг/кг	Орган. в-во, %	Обмен. Ca, ммоль на 100 г	Обмен. Mg, ммоль на 100 г	Обмен. Na, ммоль на 100 г
0–20	7,5	32	423	5,1	21,2	11,8	0,95
20–40	7,4	18	297	4,8	21,3	10,9	1,73

Таким образом, почвенный покров опытного участка имеет высокое содержание органического вещества, среднее содержание фосфора, высокое калия и слабощелочную среду. Данные показатели соответствуют агрохимическим требованиям для возделывания озимой пшеницы, но не могут быть реализованы из-за солонцеватости почвы, которая обусловлена наличием магния и натрия в сумме поглощённых оснований. В сухом состоянии данные почвы твёрдые, затруднена их обработка сельскохозяйственными агрегатами. В сыром состоянии почва бесструктурная и слишком вязкая. Противодействие данным негативным факторам и определило актуальность наших исследований.

2.3. Схема опыта и методы исследований

Целью нашего исследования являлась агроэкологическая оценка применения фосфогипса нейтрализованного на чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом в Центральном Предкавказье, для её достижения были решены следующие задачи:

— изучено влияние фосфогипса нейтрализованного на агрохимические показатели чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого;

— определено влияние фосфогипса нейтрализованного на рост и развитие растений, урожайность и качество зерна озимой пшеницы;

— изучено влияние фосфогипса нейтрализованного на агроэкологические показатели чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого и содержание токсикантов в зерне озимой пшеницы;

— определена экономическая эффективность применения фосфогипса нейтрализованного.

Объектами исследования выступили фосфогипс нейтрализованный, чернозём обыкновенный слабосолонцеватый и озимая пшеница сорта Адель. В качестве предмета исследования выступило определение эффективности влияния фосфогипса нейтрализованного на агрохимические и агроэкологические свойства чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого и продуктивность озимой пшеницы. Лабораторный анализ используемого мелиоранта установил его соответствие установленным требованиям (Таблица 3).

Таблица 3 — Химическая характеристика фосфогипса нейтрализованного производства АО «Минерально-химическая компания «ЕвроХим»

Показатели	Ед. измер.	Норма*	Фактические значения
Массовая доля основного вещества:	–	–	–
в пересчёте на содержание серы (S)	%	12–18	17,0
в пересчёте на содержание кальция (Ca)	%	15–23	21,3
Массовая доля фосфора в пересчёте на P_2O_5	%	0,5–1,5	1,2
Массовая доля воды, не более	%	25	20,0
Кислотность: показатель активности водородных ионов 1 % суспензии	Ед. pH	5,0–8,0	6,0

**по ТУ 20.15.49-011-36196786*

Для проведения исследований был заложен однофакторный опыт с систематическим размещением делянок. Ширина делянки — 20 м, длина — 200 м, общая площадь делянки — 4000 м^2. Опыт проводился в трехкратной повторности (Приложение 5).

В качестве объекта исследований использовалась монокультура — озимая пшеница по предшественнику чистый пар. Данный выбор сделан исходя из производственных условий, сложившихся в хозяйстве.

По результатам данных агрохимического обследования опытного участка был произведён расчёт оптимальной дозы фосфогипса нейтрализованного (ФГн), которая в итоге составила 10 т/га. На её основе с шагом в 5 т/га были подобраны сниженная и повышенные дозировки фосфогипса нейтрализованного производства АО «Минерально-химическая компания «ЕвроХим», г. Белореченск.

Для расчётов оптимальной дозы фосфогипса был использован метод определения по порогу коагуляции высокодисперсных частиц. При использовании данного метода в каждый из ряда цилиндров ёмкостью 1 л помещают 100 г почвы размолотой и пропущенной через сито с отверстиями диаметром 1 мм. Затем в цилиндры последовательно было внесено различное количество фосфогипса, соответствующее разным дозам мелиоранта.

После добавления воды до отметки и тщательного перемешивания раствор оставляют на 15–16 часов или на ночь. Оптимальной дозой мелиоранта признаётся минимальное количество фосфогипса, при котором произошло осветление раствора.

Возделывание озимой пшеницы осуществлено на едином минеральном фоне N46P52K30, которое соответствует технологии возделывания озимой пшеницы, принятой в хозяйстве:

— под основную обработку почвы внесены аммофос N12P52 (100 кг ф. в / га) и калий хлористый K30 (50 кг ф. в / га);

— проведена весенняя азотная подкормка при возобновлении весенней вегетации аммиачной селитрой N34 (100 кг ф. в / га).

С учётом вышеизложенного получена следующая схема опыта:

1. Контроль.

2. ФГн 5 т/га.

3. ФГн 10 т/га.

4. ФГн 15 т/га.

5. ФГн 20 т/га.

В ходе исследований были выполнены следующие учёты и наблюдения:

— отбор почвенных образцов с целью агрохимического и агроэкологического анализа (Руководство по проведению регистрационных..., 2018);

— отбор растительных образцов с целью определения химического состава (Руководство по проведению регистрационных..., 2018);

— биологический учёт урожайности с формированием образцов сельскохозяйственной продукции для лабораторного анализа (Руководство по проведению регистрационных..., 2018).

Для анализа *почвенных образцов* были использованы следующие методы:

— ГОСТ 17.5.4.01–84 (Метод определения pH водной вытяжки вскрышных и вмещающих пород);

— ГОСТ 26205–91 (Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО);

— ГОСТ 26213–2021 (Почвы. Методы определения органического вещества);

— ГОСТ 26490–85 (Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО);

— ГОСТ 26487–85 (Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО);

— ГОСТ 26950–86 (Почвы. Метод определения обменного натрия);

— определение стабильного стронция согласно методике выполнения измерений массовой доли металлов в почвах, М-МВИ-80-2001 Санкт-Петербург, 2001;

— определение тяжёлых металлов в почве согласно методическим указаниям по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства ЦИНАО, 1992.

Для анализа *образцов растений озимой пшеницы* были использованы следующие методы:

— ГОСТ 13496.4–2019 (Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения содержания азота и сырого протеина);

— ГОСТ 26657–97 (Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора);

— ГОСТ 30504–97 (Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия).

Для анализа *образцов зерна озимой пшеницы* были использованы следующие методы:

— ГОСТ Р 54478–2011 (Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице);

— ГОСТ 10846–91 (Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка);

— ГОСТ 10842–89 (Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зёрен или 1000 семян);

— ГОСТ 26930–86 (Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка);

— ГОСТ 30178–96 (Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов, определение стабильного стронция, кадмия и свинца).

Все анализы выполнены в аккредитованной испытательной лаборатории ФГБУ ГЦАС «Ставропольский».

Биологический учёт урожайности озимой пшеницы осуществляли с каждой делянки. Для расчёта экономического эффекта от применения фосфогипса нейтрализованного использовались действующие нормативы затрат и цен. В расчётах учтено последействие мелиоранта. Статистическую обработку полученных результатов провели дисперсионным анализом, описанным в методике полевого опыта (Доспехов Б. А., 2011).

2.4. Технология возделывания озимой пшеницы

На опытном участке с 2021 по 2024 г. возделывалась озимая пшеница как монокультура, предшественник — чистый пар. Норма высева семян составила 220 кг/га, или 5 млн всхожих семян на 1 га.

В опыте использована озимая пшеница сорта Адель. Селекцией данного сорта занималось федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко», в реестр допущенных к возделыванию на территории Северо-Кавказского региона он включен в 2014 г. Сорт среднерослый, с повышенной устойчивостью к полеганию.

Качество зерна позволило внести сорт в список «ценных». Морозоустойчивость сорта — средняя, засухоустойчивость — высокая. Средняя урожайность в регионе составляет 4,16 т/га. Максимальная урожайность зафиксирована в 2013 г. в Ставропольском крае и составила 9,03 т/га. Вегетационный период 203–276 дней, сорт устойчив к полеганию.

Фосфогипс рекомендуется вносить по многолетним травам либо чистым парам. Оптимальный срок внесения фосфогипса — осенний период под вспашку.

Фосфогипс нейтрализованный был внесён в почву в 2021 г. с помощью трактора New Holland 8040 с разбрасывателем UMEGA PI 20 по чистому пару. Затем проведено лущение и перемешивание мелиоранта с помощью дисковой бороны Rubin. Заделка в почву проведена с помощью плуга KVERNELAND на глубину 25 см. Прочие агротехнические приёмы и обработки изложены в Таблице 4.

Под основную обработку почвы внесен аммофос в дозировке N12P52 и калий хлористый в дозировке K30. В весенний период проведена подкормка аммиачной селитрой в дозировке N34.

Таблица 4 — Технологическая схема возделывания озимой пшеницы в производственных условиях ИП Глава К(Ф)Х Сабынин Г. К.

№	Наименование работ	Ед. изм.	Срок выполнения	Состав агрегата		Технологические требования
				Трактор, комбайн	С.-х. машина	
1	Основная обработка почвы	га	Перед севом	New Holland 8040	KVER-NELAND	20 см
2	Культивация с боронованием	га	После вспашки	New Holland 8040	RUBIN	6–8 см
3	Внесение минер. удобр.	га	Перед основ. обр.	New Holland 5670	AMAZONE	N12P52K30
4	Предпосевная культивация	га	Перед севом	New Holland 8040	Salford	6–8 см
5	Сев	га	08.11.2021 06.11.2022 16.10.2023	New Holland 8040	Amazone DMC 9000	Качественная заделка семян
6	Подкормка азотными удобрениями	га	В фазу кущения, весной	New Holland 7060	AMAZONE	N18
7	Опрыскивание посевов баковой смесью (гербицид + + фунгицид)	га	В фазу кущения	New Holland 7060	UG 3000	Без огрехов
8	Опрыскивание посевов (фунгицид+ инсектицид)	га	Флаг-лист растения	New Holland 7060	UG 3000	Без огрехов
9	Уборка	га	18.07.2022 г. 15.07.2023 г. 01.07.2024 г.	New Holland CR9080	–	Без потерь

ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ ФОСФОГИПСА НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЁМА ОБЫКНОВЕННОГО СЛАБОСОЛОНЦЕВАТОГО

Солонцы обладают неблагоприятными физическими, химическими и биологическими свойствами для возделывания сельскохозяйственных культур. Среди негативных особенностей, им присущих, можно отметить щелочную реакцию почвенного раствора, высокую растворимость органического вещества, большую дисперсность минеральной части, подвижность коллоидов, связность, липкость, набухание при увлажнении и чрезмерное уплотнение и твёрдость при высыхании, глыбистость, низкую водопроницаемость, наличие токсичных солей ниже маломощного гумусного горизонта и др. В свою очередь на солонцовых почвах данные негативные свойства проявляются в меньшей степени. Чернозёмы обыкновенные солонцеватые на территории Ставропольского края по основным показателям плодородия почвы обладают хорошей агрохимической характеристикой, но по вышеуказанным причинам в полной мере нельзя реализовать их агрономический потенциал.

Самый простой и эффективный способ повышения продуктивности сельскохозяйственных культур для данного подтипа почв — химическая мелиорация. Внесение фосфогипса влияет как на агрофизические, так и на агрохимические свойства солонцовых почв. Особенно хорошо данный эффект проявляется на тяжёлых глинистых почвах, где улучшается их аэрация и водопроницаемость. Теоретической основой этого мелиоративного приёма является устранение высокой щёлочности почвы и дефицита ионов кальция в почвенном поглотительном комплексе (Чекмарев П. А., Ситников В. Н., Егоров В. П. и др., 2019). Эффект от внесения фосфогипса нейтрализованного, по данным исследований ряда авторов, может проявляться в течение длительного периода времени (Калиниченко В. П., 2017).

В ходе наших исследований в 2022–2024 гг. было изучено влияние различных доз фосфогипса нейтрализованного на агрохимические свойства чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого. Для наблюдения динамики агрохимических показателей в течение

трёхлетнего периода после уборки урожая мы провели анализ образцов из пахотного (0–20 см) и подпахотного (20–40 см) слоёв почвы.

Реакция почвенной среды

Реакция почвенной среды оказывает влияние на доступность растениям элементов минерального питания. При подщелачивании почвенного раствора усиливается поглощение корнями растений аммонийных форм азота относительно нитратных. При этом происходит снижение доступности соединений фосфора. Для возделывания озимой пшеницы оптимальными являются значения pH 6–7,5 ед. Данные по влиянию фосфогипса нейтрализованного на показатель pH_{H2O} чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого представлены в Таблице 5.

Таблица 5 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на показатель pH_{H2O} чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого

Варианты / показатели	Глубина взятия обр., см	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
		Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	0–20	7,4	–	7,5	–	7,4	–	7,4	–
	20–40	7,4	–	7,4	–	7,3	–	7,4	–
2. ФГн 5 т/га	0–20	7,3	–0,1	7,4	–0,1	7,4	0,0	7,4	0,0
	20–40	7,4	0,0	7,5	0,1	7,4	0,1	7,4	0,0
3. ФГн 10 т/га	0–20	7,3	–0,1	7,3	–0,2	7,2	–0,2	7,3	–0,1
	20–40	7,3	–0,1	7,4	0,0	7,3	0,0	7,3	–0,1
4. ФГн 15 т/га	0–20	7,3	–0,1	7,3	–0,2	7,2	–0,2	7,3	–0,1
	20–40	7,3	–0,1	7,5	0,0	7,3	0,0	7,4	0,0
5. ФГн 20 т/га	0–20	7,3	–0,1	7,3	–0,2	7,2	–0,2	7,3	–0,1
	20–40	7,6	0,2	7,5	0,1	7,4	0,1	7,5	0,1
НСР 05	0–20	0,5	–	0,2	–	0,2	–	0,2	–
	20–40	0,5	–	0,3	–	0,2	–	0,2	–
F05	0–20	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
	20–40	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	0–20	0,17	–	3,50	–	4,50	–	1,66	–
	20–40	0,93	–	0,42	–	2,50	–	4,52	–
Sx%	0–20	2,18	–	0,93	–	0,83	–	0,15	–
	20–40	1,76	–	1,34	–	0,68	–	0,16	–

В своём составе фосфогипс содержит кислые компоненты, которые потенциально способны повлиять на реакцию pH почвы. Данное свойства является дополнительным преимуществом при применении данного мелиоранта на щелочных почвах. Так, в первый год после внесения фосфогипса нейтрализованного анализ данных по *F*-критерию (*F*ф < *F*05) свидетельствует об отсутствии оказанного эффекта на реакцию почвенной среды. В целом же реакция pH по вариантам опыта варьировала для слоя 0–20 см в пределах от 7,3 до 7,4 ед., для слоя 20–40 см — от 7,3 до 7,6 ед.

Во второй год после внесения статистическая обработка результатов опыта показала достоверность данных. Для слоя 20–40 см разница с контролем вариантов с внесением фосфогипса нейтрализованного укладывалась в величину наименьшей существенной разницы, то есть влияния на показатель оказано не было. Для слоя 0–20 см на вариантах с внесением расчётной (10 т/га) и повышенных доз (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного произошло снижение показателя на 0,2 ед.

На третий год исследований изменения в реакции pH статистически достоверные данные получены только для пахотного слоя почвы. На вариантах с внесением расчётной (10 т/га) и повышенных доз (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного достигнут аналогичный 2023 г. эффект, снижение показателя реакции pH составило 0,2 ед. Значения по вариантам опыта варьировали для слоя 0–20 см в пределах от 7,2 до 7,4 ед., для слоя 20–40 см — от 7,3 до 7,4 ед. Следовательно, внесённые расчётная (10 т/га) и повышенные дозы (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного привели к снижению реакции pH чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого. Данный эффект достигнут в 2023–2024 гг. наблюдений в пахотном слое почвы, считаем это результатом действия кислых компонентов, присутствующих в мелиоранте.

Подвижный фосфор

Наличие достаточных запасов фосфора является важным показателем плодородия почвы. Для питания растений он важен тем, что принимает участие в синтезе и деятельности нуклеотидов, играет существенную роль в передаче

наследственных признаков. В нейтральных и слабощелочных почвах доступный для растений фосфор находится преимущественно в форме двух- и одновалентных ионов ортофосфорной кислоты (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005).

Фосфогипс нейтрализованный в своём составе в зависимости от условий производства и хранения может содержать от 0,5 до 2,0 % фосфора в пересчёте на P_2O_5. Данный фактор даёт основания для рассмотрения его в качестве альтернативы фосфорным удобрениям при внесении в больших дозах. Также в научных публикациях авторы фиксируют постепенное увеличение доступности растениям фосфора под влиянием мелиорирующего эффекта фосфогипса. Это происходит преимущественно за счёт улучшения водно-физических свойств мелиорируемой почвы и изменения её микробиологической компоненты. Данные по влиянию фосфогипса нейтрализованного на содержание подвижного фосфора в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом представлены в Таблице 6.

Вместе с тем стоит учитывать некоторые особенности при мониторинге содержания подвижных форм фосфора после внесения фосфогипса. Так, в ходе исследований было замечено, что после внесения фосфогипса в количестве 5 т/га и более могут возникать некоторые искажения в результатах лабораторных анализов по определению данного элемента питания растений (Brauer D. et al., 2005). Данный фактор мы также учли в нашей работе.

Статистическая обработка данных продемонстрировала их релевантность за весь период наблюдений. Значение *F*-критерия по годам для содержания подвижного фосфора в слое почвы 0–20 см составляло от 3,62 до 5,42, в слое 20–40 см — от 3,68 до 4,82. Это свидетельствует о высокой сходимости результатов полевого опыта.

В 2022 г. варианты с внесением 5 и 10 т/га фосфогипса нейтрализованного эффекта на данный агрохимический показатель не продемонстрировали. При этом в вариантах с повышенными дозами 15 и 20 т/га фосфогипса нейтрализованного произошло значимое снижение показателей в

пахотном слое почвы на 14 и 16 мг/кг соответственно. Данный отрицательный эффект можно связать со временным связыванием подвижного фосфора из почвы внесёнными с мелиорантом кальцием и токсичными элементами, а также с возможными искажениями результатов анализов при внесении избыточных доз мелиоранта.

Таблица 6 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание подвижного фосфора в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом, мг/кг

Варианты / показатели	Глубина взятия обр., см	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
		Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	0–20	33	–	29	–	36	–	33	–
	20–40	28	–	21	–	27	–	25	–
2. ФГн 5 т/га	0–20	38	5	28	–1	42	6	36	3
	20–40	25	–3	23	2	26	–1	25	0
3. ФГн 10 т/га	0–20	35	2	30	1	50	14	38	5
	20–40	21	–7	23	2	35	8	26	1
4. ФГн 15 т/га	0–20	33	0	38	9	52	16	41	8
	20–40	14	–14	24	3	36	9	25	0
5. ФГн 20 т/га	0–20	30	–3	44	15	51	15	42	9
	20–40	12	–16	37	16	36	9	28	3
НСР 05	0–20	7	–	12	–	9	–	8	–
	20–40	10	–	10	–	8	–	8	–
F05	0–20	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
	20–40	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	0–20	4,27	–	3,62	–	5,42	–	3,29	–
	20–40	4,82	–	4,39	–	3,68	–	0,42	–
Sx%	0–20	6,28	–	13,10	–	6,30	–	1,87	–
	20–40	15,40	–	12,14	–	7,94	–	1,88	–

В 2023 г. на содержание подвижного фосфора оказали воздействие только варианты с внесением 20 т/га фосфогипса нейтрализованного. Исследуемый показатель превысил контроль на 15 мг/кг в пахотном слое почвы и на 16 мг/кг в подпахотном. Отклонения остальных вариантов относительно контроля укладывалась в границы наименьшей существенной разницы, что говорит об отсутствии эффекта.

В 2024 г. мы ожидали максимальный результат от внесения фосфогипса нейтрализованного, так как по результатам анализа научной литературы в данный период наступает оптимальный мелиорирующий эффект от внесения мелиоранта. В итоге при внесении 5 т/га фосфогипса нейтрализованного существенного изменения содержания подвижного фосфора так и не произошло. Варианты как с расчётной дозой (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного, так и с повышенными (15 и 20 т/га) продемонстрировали достоверное увеличение исследуемого показателя в слоях почвы 0–20 и 20–40 см, разница значений с контролем по слоям почвы составила 14–16 мг/кг и 8–9 мг/кг соответственно.

Максимальный эффект по влиянию фосфогипса нейтрализованного на содержание подвижного фосфора в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом был проявлен на третий год после внесения. Также достижению эффекта на третий год послужила достаточная влагообеспеченность за 2 предыдущих. Лучше всего по влиянию на содержание подвижного фосфора себя показали повышенные дозы (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного, которые смогли обеспечить увеличение исследуемого показателя в слое почвы 0–20 см на 15–16 мг/кг, а в слое 20–40 см на 9 мг/кг. Вторыми по результативности оказались варианты с внесением расчётной дозы (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного, где увеличение содержания подвижного фосфора по слоям почвы составило 14 и 8 мг/кг соответственно. На варианте с внесением пониженной дозы (5 т/га) фосфогипса нейтрализованного эффекта не выявлено.

Подвижный калий

Несмотря на то, что не известны органические соединения (синтезируемые в животных, растениях или микроорганизмах), непременной составной частью которых являлся бы калий, нельзя недооценивать его роль для жизни живых существ. Катион калия очень важен для поглощения питательных веществ, процессов фотосинтеза, синтеза белков и углеводов. Достаточная обеспеченность растений калием способна повысить качество

сельскохозяйственной продукции, для зерновых культур это означает повышенный натурный вес зерна и увеличение массы 1000 зёрен (Чекмарев П. А., Ситников В. Н., Егоров В. П. и др., 2019).

Преимущественно чернозёмы обыкновенные солонцеватые на территории Ставропольского края имеют повышенную обеспеченность по содержанию подвижного калия, что было подтверждено и в ходе наших наблюдений. До внесения мелиоранта и удобрений содержание калия в почве уже соответствовало повышенной группировке для данного элемента питания растений.

Информация по влиянию фосфогипса нейтрализованного на содержание подвижного калия в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом представлена в Таблице 7.

Данные анализа химического состава фосфогипса показывают, что в нём в валовой форме содержится только порядка 0,02 % калия. При таком незначительном содержании данного элемента питания расценивать фосфогипс нейтрализованный в качестве калийного удобрения не целесообразно. Таким образом, изменение содержания калия в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом можно ожидать только от улучшения его водно-физических свойств под воздействием мелиорирующего эффекта от внесения фосфогипса нейтрализованного.

Проведённый при подготовке к нашей работе анализ научных публикаций по вопросу влияния фосфогипса на содержание подвижных форм калия выявил менее выраженный эффект, чем при влиянии на содержание подвижного фосфора. Данное свойство фосфогипса наблюдалось при внесении на луговые почвы, чернозёмы южные и дерново-подзолистые почвы при возделывании разных сельскохозяйственных культур.

Учитывая опыт других исследователей, полученные нами результаты вполне укладываются в описанный ими тренд. В первый год после внесения данные по содержанию подвижного калия в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом довольно неоднородны. Значения для пахотного слоя

варьируют от 339 до 447, для подпахотного — от 279 до 364 мг/кг. Для слоя почвы 0–20 см анализ данных провести не представляется возможным в силу превышения значения теоретического *F*-критерия над фактическим. В подпахотном слое почвы показатели на вариантах с внесением фосфогипса нейтрализованного отклоняются от контроля как в меньшую, так и в большую сторону. При этом значения этих отклонений укладываются в НСР.

Таблица 7 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание подвижного калия в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом, мг/кг

Варианты / показатели	Глубина взятия обр., см	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
		Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	0–20	339	–	375	–	434	–	383	–
	20–40	311	–	354	–	362	–	342	–
2. ФГн 5 т/га	0–20	447	41	334	–41	428	–6	403	20
	20–40	364	53	351	–3	373	11	363	21
3. ФГн 10 т/га	0–20	372	33	334	–41	398	–36	368	–15
	20–40	294	–17	320	–34	401	39	338	–4
4. ФГн 15 т/га	0–20	373	34	360	–15	450	16	394	11
	20–40	279	–32	327	–27	383	21	330	–12
5. ФГн 20 т/га	0–20	368	29	410	35	398	–36	392	9
	20–40	290	–21	386	32	370	8	349	7
НСР 05	0–20	68	–	44	–	38	–	34	–
	20–40	55	–	43	–	42	–	33	–
F05	0–20	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
	20–40	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	0–20	0,53	–	5,13	–	3,75	–	0,94	–
	20–40	3,66	–	3,59	–	1,24	–	1,42	–
Sx%	0–20	5,92	–	3,86	–	2,83	–	0,63	–
	20–40	5,68	–	3,93	–	3,57	–	0,61	–

На второй год после внесения мелиоранта данные достоверны для обоих изучаемых слоёв чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого. В слое 0–20 см значения содержания подвижного калия варьируют от 334 до 410 мг/кг, в слое 20–40 см — от 320 до 386 мг/кг. При этом существенной разницы между вариантами установить не удалось, значения находятся в пределах НСР.

На третий год после внесения мелиоранта статистически значимые результаты получены только в слое почвы 0–20 см. При варьировании значений по вариантам в диапазоне от 398 до 450 мг/кг отличия между вариантами так же, как и в другие годы, находятся в пределах НСР.

В итоге считаем, что за период наших наблюдений статистически значимого изменения содержания подвижного калия в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом в зависимости от применяемых доз фосфогипса нейтрализованного не произошло. На всех вариантах разница с контролем не превосходила наименьшую существенную разницу, средние показатели за период наблюдения также не демонстрируют чёткой закономерности.

Внесённые дозы фосфогипса нейтрализованного не смогли существенно повлиять на содержание подвижного калия в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом. На всех вариантах опыта разница с контролем не превосходила значений НСР, средние показатели за период наблюдения также не продемонстрировали чёткой закономерности по содержанию данного элемента питания растений.

Органическое вещество

Органическое вещество является очень важным показателем для оценки плодородия почвы. Его запасы существенным образом влияют на микробиологическую активность почвы и запасы доступных для растений элементов питания. По данным мониторинга почвенного плодородия, чернозёмы солонцеватые на территории Ставропольского края в своём составе содержат от 4,7 до 6,3 % органического вещества, что соответствует средней обеспеченности по данному показателю плодородия почв.

Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание органического вещества в почве происходит опосредованно, так как мелиорант сам по себе не содержит в своём составе органических соединений. Свойства мелиоранта должны благоприятно сказываться на сохранении в почве органического вещества и замедлении его минерализации. Данные процессы происходят в результате связывания микрочастиц фосфогипса с лабильными

органическими веществами и формированием ими устойчивых агрегирующих образований (Шеуджен А. Х., Онищенко Л. М., Добрыднев Е. П. и др., 2013).

Изученные нами материалы по влиянию фосфогипса на накопление органического вещества в почве довольно противоречивы. С одной стороны, увеличение урожайности на мелиорированных участках приводит к увеличению количества растительных остатков, поступающих в почву. С другой стороны, благоприятные для развития микроорганизмов условия могут приводить к усилению процессов минерализации органических соединений. Судя по всему, в наших исследованиях данные разнонаправленные процессы находились в равновесии (Таблица 8).

Таблица 8 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание органического вещества в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом, %

Варианты / показатели	Глубина взятия обр., см	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
		Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	0–20	4,1	–	4,3	–	4,2	–	4,2	–
	20–40	4,1	–	4,3	–	4,0	–	4,2	–
2. ФГн 5 т/га	0–20	4,0	–0,1	4,3	0,0	4,0	–0,2	4,1	–0,1
	20–40	3,8	–0,3	4,2	–0,1	3,8	–0,2	3,9	–0,3
3. ФГн 10 т/га	0–20	4,2	0,1	4,3	0,0	4,1	–0,1	4,2	0,0
	20–40	4,2	0,1	4,1	–0,2	3,9	–0,1	4,1	–0,1
4. ФГн 15 т/га	0–20	4,3	0,2	4,3	0,0	4,2	0,0	4,3	0,1
	20–40	4,1	0,0	4,1	–0,2	4,0	0,0	4,1	–0,1
5. ФГн 20 т/га	0–20	4,2	0,1	3,9	–0,4	3,9	–0,3	3,9	–0,3
	20–40	3,9	–0,2	3,9	–0,4	3,7	–0,3	3,8	–0,4
НСР 05	0–20	0,4	–	0,6	–	0,5	–	0,3	–
	20–40	0,4	–	0,5	–	0,4	–	0,2	–
F05	0–20	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
	20–40	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	0–20	0,73	–	0,87	–	1,03	–	1,87	–
	20–40	1,75	–	1,03	–	0,64	–	2,35	–
Sx%	0–20	3,37	–	4,26	–	3,42	–	0,40	–
	20–40	2,99	–	4,12	–	3,62	–	0,37	–

В течение всего периода исследований значение содержания органического вещества в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом по вариантам опыта пребывало в стабильном состоянии.

В первый год после внесения фосфогипса нейтрализованного содержание органического вещества в пахотном слое почвы находилось в пределах 4,0–4,3 %, в подпахотном слое — 3,8–4,2 %. Во второй год для обоих исследуемых слоёв почвы содержание органического вещества составило 3,9–4,3 %. В третий год наблюдений были продемонстрированы значения в 3,9–4,2 и 3,7–4,0 % соответственно. С точки зрения статистической обработки на протяжении всего периода наблюдений разница между вариантами была несущественной при низкой сходимости результатов.

Учитывая такие факторы, как снижение урожайности на вариантах с повышенными дозами (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного сразу после его внесения, засушливые условия 2024 г. и короткий период наблюдений, считаем, что применение фосфогипса нейтрализованного на данном этапе не оказало влияния на содержание органического вещества в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом.

По данным статистической обработки данных, на протяжении всего периода наблюдений существенной разницы между вариантами с внесением фосфогипса нейтрализованного по содержанию органического вещества в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом не было установлено. Считаем, что данный процесс имеет более длительный характер, период наших наблюдений его не отражает в полной мере. Содержание органического вещества на вариантах опыта варьировало для пахотного горизонта от 4,0 до 4,3 %, для подпахотного — от 3,7 до 4,2 %.

Подвижная сера

Сера играет важную роль в питании растений. Она участвует в азотном и углеводном обмене веществ, а также в процессах дыхания и синтеза жиров. У бобовых культур достаточное наличие серы в почве стимулирует образование клубеньковых бактерий на корнях. Она повышает доступность из почвы

кальция, магния, железа и различных микроэлементов, принимает участие в синтезе многих ферментов и эфирных масел.

Дефицит серы в почве способен повлиять в негативном ключе на усваивание растениями азота. Растения, страдающие от дефицита данного элемента питания, приобретают бледную окраску листьев, их стебли истончаются и вытягиваются. Развитие растений может замедляться.

Фосфогипс нейтрализованный является хорошим источником поступления серы в почву, ведь в зависимости от влажности мелиоранта в нём может содержаться от 21,0 до 24,3 % серы. Информация по влиянию фосфогипса нейтрализованного на содержание подвижной серы в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом представлена в Таблице 9.

Таблица 9 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание подвижной серы в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом, мг/кг

Варианты / показатели	Глубина взятия обр., см	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
		Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	0–20	8,7	–	10,1	–	7,0	–	8,6	–
	20–40	9,8	–	9,5	–	7,1	–	8,8	–
2. ФГн 5 т/га	0–20	15,5	6,8	16,5	6,3	12,2	5,2	14,7	6,1
	20–40	13,6	3,8	17,4	7,9	13,1	5,9	14,7	5,9
3. ФГн 10 т/га	0–20	16,9	8,2	18,9	8,7	13,4	6,4	16,4	7,8
	20–40	13,9	4,1	18,4	8,9	14,0	6,9	15,4	6,6
4. ФГн 15 т/га	0–20	21,6	12,9	23,3	13,2	16,7	9,6	20,5	11,9
	20–40	14,9	5,1	20,2	10,7	15,4	8,3	16,8	8,0
5. ФГн 20 т/га	0–20	22,1	13,4	25,1	14,9	17,1	10,1	21,4	12,8
	20–40	15,3	5,6	22,3	12,8	16,9	9,8	18,2	9,4
НСР 05	0–20	3,9	–	4,4	–	2,6	–	2,0	–
	20–40	2,5	–	2,5	–	1,9	–	1,6	–
F05	0–20	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
	20–40	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	0–20	19,70	–	18,19	–	24,03	–	64,31	–
	20–40	7,62	–	37,23	–	36,86	–	49,88	–
Sx%	0–20	7,23	–	7,40	–	6,26	–	0,61	–
	20–40	5,91	–	4,55	–	4,63	–	0,53	–

Результаты исследований установили достоверное увеличение содержания подвижной серы в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом на протяжении всего периода наблюдений. Эффект прямо пропорционален внесённым дозам фосфогипса нейтрализованного.

Уже в первый год после внесения мелиоранта присутствует достоверное увеличение исследуемого показателя для пахотного слоя почвы в диапазоне от 6,8 до 13,4, для подпахотного — от 3,8 до 5,6 мг/кг. Во второй год данное увеличение по слоям почвы варьировало от 6,3 до 14,9 мг/кг в пахотном слое и от 7,9 до 12,8 мг/кг в подпахотном. В третий год прежняя тенденция также подтвердилась: увеличение в пахотном слое составило от 5,2 до 10,1, в подпахотном — от 5,9 до 9,8 мг/кг.

Нами было отмечено некоторое снижение общего содержания подвижной серы по всем вариантам опыта в 2024 г. Так как накопление подвижной серы в почве в значительной мере зависит от погодных условий, считаем, что данное снижение обусловлено названным фактором. Так, для пахотного слоя почвы корреляционный анализ выявил среднюю прямую связь (r = 0,43) с количеством выпавших за период осадков, а также среднюю отрицательную связь (r = –0,39) с показателями температуры воздуха.

Обменный кальций

Кальций довольно важный элемент для растений, так как он входит в состав всех их клеток. При его недостатке растения испытывают проблемы с формированием корневой системы, происходит остановка формирования корневых волосков, корни начинают быстро загнивать. Как правило, на почвах Ставропольского края проблем у сельскохозяйственных культур с обеспеченностью доступным кальцием не возникает, за исключением кислых почв предгорий и почв солонцовых. На солонцовых почвах дефицит кальция возникает из-за антагонизма в почвенном растворе ионов Ca^{2+} и Na^{+} (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005).

Фосфогипс в своём составе содержит порядка 40 % кальция, на эффекте от внесения которого базируется мелиорирующий эффект при химической

мелиорации солонцовых почв. Донасыщение почвенного поглощающего комплекса кальцием может привести к вытеснению обменного натрия и магния либо снижению их доли в сумме поглощённых оснований. Данный эффект хорошо описан при проведении множества полевых опытов на солонцах и сильно- и среднесолонцеватых почвах, при этом данных по работе на слабосолонцеватых почвах не так много (Таблица 10).

Таблица 10 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание обменного кальция в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом, ммоль/100 г

Варианты / показатели	Глубина взятия обр., см	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
		Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	0–20	21,9	–	21,3	–	22,4	–	21,9	–
	20–40	21,5	–	20,7	–	21,8	–	21,5	–
2. ФГн 5 т/га	0–20	21,9	0,0	21,2	–0,1	23,2	0,8	22,1	0,2
	20–40	22,0	0,5	21,5	0,8	22,6	0,8	22,0	0,5
3. ФГн 10 т/га	0–20	25,5	3,6	22,5	1,2	24,8	2,4	24,3	2,4
	20–40	23,0	1,5	23,6	2,9	24,4	2,6	23,7	2,2
4. ФГн 15 т/га	0–20	23,4	1,5	23,6	2,3	25,0	2,6	24,3	2,4
	20–40	22,7	1,2	21,9	1,2	24,4	2,6	23,0	1,5
5. ФГн 20 т/га	0–20	24,0	2,1	20,9	–0,4	24,9	2,5	22,9	1,0
	20–40	23,0	1,5	21,3	0,6	24,4	2,6	22,8	1,3
НСР 05	0–20	3,4	–	3,2	–	2,0	–	1,5	–
	20–40	2,9	–	2,2	–	2,0	–	1,3	–
F05	0–20	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
	20–40	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	0–20	1,91	–	1,25	–	3,62	–	5,34	–
	20–40	0,50	–	2,52	–	3,61	–	4,92	–
Sx%	0–20	4,67	–	4,61	–	2,58	–	0,40	–
	20–40	4,10	–	3,17	–	2,72	–	0,35	–

Наши исследования установили, что процесс насыщения почвы кальцием происходит постепенно и усиливается к третьему году наблюдений за свойствами чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого.

В 2022 г. анализ почвенных образцов показал диапазон значений содержания обменного кальция в 21,9–25,5 ммоль/100 г для верхнего

исследуемого слоя почвы и в 21,5–23,0 ммоль/100 г для нижнего. В 2023 г. данные диапазоны значений составляли 20,9–23,6 ммоль/100 г и 20,7–23,6 ммоль/100 г соответственно. За оба этих года исследований статистическая обработка данных не продемонстрировала существенного изменения определяемого показателя. Разница между вариантами находилась в пределах НСР, а фактическое значение критерия Фишера не превосходило теоретическое.

Изменения произошли в 2024 г., когда был достигнут прогнозируемый оптимальный мелиоративный эффект. На варианте с внесением 5 т/га фосфогипса нейтрализованного по-прежнему изменения содержания обменного кальция в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом не произошло. В то же время на вариантах с расчётной (10 т/га) и повышенными дозами (15 и 20 т/га) мелиоранта был продемонстрирован достоверный рост исследуемого показателя на 2,4–2,6 ммоль/100 г почвы для обоих слоёв почвы.

За весь период наблюдений лучшими по влиянию на содержание обменного кальция в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом были признаны варианты с расчётной дозой 10 т/га фосфогипса нейтрализованного. Средняя за 3 года разница с контролем составила 2,4 ммоль/100 г для слоя почвы 0–20 см и 2,2 ммоль/100 г для слоя 20–40 см. На втором месте по эффективности расположились повышенные дозы (15 и 20 т/га) мелиоранта, на третьем — пониженная (5 т/га).

Влияние на содержание обменного кальция в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом также проявляется в динамике, наибольший эффект выявлен на третий год исследований. Лучшими по влиянию на данный агрохимический показатель признаны варианты с применением расчётной дозы (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного, средняя за 3 года разница с контролем на котором составила 2,4 ммоль/100 г для слоя почвы 0–20 см и 2,2 ммоль/100 г для слоя 20–40 см. Варианты с повышенными дозами (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного также оказали достоверный эффект, но в меньшей степени.

На варианте с внесением пониженной дозы (5 т/га) фосфогипса нейтрализованного статистически значимого результата не выявлено.

Обменный магний

Магний играет важную роль для фотосинтеза растений и азотного обмена. По содержанию в растениях среди зольных элементов он занимает третье место, сразу после фосфора и калия. Концентрируется магний в основном в семенах. В почве магний находится в составе минеральной и в меньшей степени органической частях, а также в ионной форме в почвенном растворе.

Анализ научных источников свидетельствует о том, что избыточное содержание магния в почвенном поглотительном комплексе негативно влияет на возделывание сельскохозяйственных культур. При накапливании магния свыше 25 % от ёмкости ППК возрастает набухаемость и усиливается пептизация коллоидов, снижается устойчивость агрономической структуры, ухудшаются фильтрационные свойства почв, усиливаются механизмы разрушения и выноса гумуса, возрастают расходы воды на получение единицы продукции. Также наличие большого количества ионов магния снижает доступность растениям кальция. Таким образом, магниевое засоление почвы может приводить к схожим с натриевым засолением проблемам.

Несмотря на то, что магний так же, как и кальций, двухвалентен, из-за его меньшей атомной массы он не так эффективно создаёт устойчивые связи с частицами ППК (Чекмарев П. А., Ситников В. Н., Егоров В. П. и др., 2019). Внесение кальция с фосфогипсом призвано также снизить содержание обменного магния либо выровнять его долю в сумме поглощённых оснований. В наших исследованиях в целом удалось достичь данного эффекта (Таблица 11). Если перед внесением мелиоранта доля магния на контроле составляла до 34,8 %, то на вариантах с внесением расчётной (10 т/га) дозы фосфогипса нейтрализованного это значение составило 20,6 %, что составляет разницу в 14,2 % (Таблица 13).

Таблица 11 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание обменного магния в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом, ммоль/100 г

Варианты / показатели	Глубина взятия обр., см	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
		Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	0–20	12,7	–	11,6	–	10,9	–	11,7	–
	20–40	8,9	–	10,8	–	9,9	–	9,9	–
2. ФГн 5 т/га	0–20	15,9	3,2	10,3	–1,3	8,4	–2,5	11,5	–0,2
	20–40	15,3	6,4	9,6	–1,1	9,3	–0,6	11,4	1,5
3. ФГн 10 т/га	0–20	8,0	–4,8	10,0	–1,6	6,6	–4,3	8,2	–3,5
	20–40	8,4	–0,5	8,7	–2,1	7,3	–2,6	8,1	–1,8
4. ФГн 15 т/га	0–20	13,9	1,2	9,0	–2,6	6,5	–4,4	9,8	–1,9
	20–40	13,0	4,1	10,0	–0,8	7,6	–2,3	8,8	–1,1
5. ФГн 20 т/га	0–20	13,9	1,2	9,5	–2,1	7,3	–3,6	8,4	–3,3
	20–40	16,3	7,4	12,4	1,7	7,9	–2,0	12,2	2,3
НСР 05	0–20	5,1	–	1,5	–	2,7	–	2,3	–
	20–40	3,0	–	3,0	–	1,8	–	2,2	–
F05	0–20	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
	20–40	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	0–20	3,49	–	4,68	–	4,52	–	3,95	–
	20–40	14,29	–	2,20	–	3,86	–	5,20	–
Sx%	0–20	12,51	–	4,56	–	10,59	–	1,68	–
	20–40	7,66	–	9,21	–	6,91	–	1,52	–

Статистическая обработка данных показала достоверность результата практически на всём протяжении периода наблюдений, исключением являются данные за 2023 г. для подпахотного слоя чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого. Значение *F*-критерия по годам для содержания обменного магния в слое почвы 0–20 см составляло от 3,49 до 4,68, в слое 20–40 см — от 3,86 до 14,29, что свидетельствует о высокой сходимости результатов полевого опыта.

Вариант с внесением 5 т/га фосфогипса нейтрализованного за период наблюдений не смог продемонстрировать значимого результата по влиянию на содержание обменного магния в почве. Минимальная доля магния в сумме поглощённых оснований по вариантам опыта к 2024 г. достигла 23,9 %.

В среднем за 3 года содержание обменного магния в слое почвы 0–20 см относительно контроля на вариантах с повышенными дозами (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного получилось снизить на 1,9–3,3 ммоль/100 г. К концу наблюдений на этих вариантах доля магния в сумме поглощённых оснований составила 20,4–22,4 %.

Самым эффективным, с этой точки зрения, является вариант с расчётной дозой (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного, снижение обменного магния на котором в среднем за 3 года составило 3,5 ммоль/100 г, а доля магния в сумме поглощённых оснований снизилась до 20,6 %.

Для слоя почвы 20–40 см данная тенденция по снижению содержания обменного магния менее выражена. Связываем это с возможной постепенной миграцией ионов магния из слоя 0–20 см и кратким для данного процесса периодом наблюдений.

Максимальный эффект по влиянию фосфогипса нейтрализованного на содержание обменного магния в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом имели варианты с расчётной дозой 10 т/га фосфогипса нейтрализованного. Среднее за 3 года снижение показателя на этом варианте в исследуемых почвенных слоях составило 3,5 и 1,8 ммоль/100 г, а доля в сумме поглощённых оснований — 20,6 и 22,5 % соответственно.

Обменный натрий

Натрий содержится в той или иной форме во всех материнских породах и почвах, растениях и животных. В существенном количестве в качестве элемента питания он востребован у ограниченного числа сельскохозяйственных культур. Например, к таким можно отнести сахарную свёклу, дефицит натрия у которой может сказаться на её развитии и итоговой урожайности. В условиях южнорусской степи даже в несолонцеватых почвах содержится заметное количество обменно-поглощённого натрия (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005).

На солонцах внесение фосфогипса прежде всего нацелено на удаление из состава ППК избытка обменного натрия и улучшение их структурного состояния. Но в слабосолонцеватых почвах, как правило, обменного натрия

изначально содержится значительно меньше (Таблица 12), поэтому по своему негативному воздействию он на данных почвах сопоставим с обменным магнием. В нашем опыте доля натрия в сумме поглощённых оснований оставалась невысокой на протяжении всего периода исследований и составляла порядка 2,7 % в пахотном и порядка 5,1 % в подпахотном слоях почвы (Таблица 13).

Таблица 12 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание обменного натрия в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом, ммоль/100 г

Варианты / показатели	Глубина взятия обр., см	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
		Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	0–20	0,90	–	0,93	–	0,98	–	0,92	–
	20–40	1,63	–	1,65	–	1,73	–	1,64	–
2. ФГн 5 т/га	0–20	0,75	–0,15	0,57	–0,36	0,68	–0,30	0,67	–0,27
	20–40	1,37	–0,27	0,65	–1,00	0,99	–0,75	1,00	–0,67
3. ФГн 10 т/га	0–20	0,46	–0,44	0,56	–0,37	0,56	–0,42	0,53	–0,41
	20–40	0,78	–0,85	0,58	–1,07	0,74	–1,00	0,70	–0,97
4. ФГн 15 т/га	0–20	0,43	–0,47	0,61	–0,32	0,30	–0,68	0,45	–0,49
	20–40	0,58	–1,06	0,67	–0,98	0,69	–1,04	0,65	–1,02
5. ФГн 20 т/га	0–20	0,39	–0,51	0,58	–0,36	0,38	–0,61	0,45	–0,49
	20–40	0,59	–1,04	0,60	–1,05	0,74	–1,00	0,64	–1,03
НСР 05	0–20	0,20	–	0,25	–	0,29	–	0,15	–
	20–40	0,48	–	0,29	–	0,39	–	0,24	–
F05	0–20	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
	20–40	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	0–20	12,15	–	3,97	–	8,65	–	18,50	–
	20–40	5,70	–	24,43	–	12,58	–	33,22	–
Sx%	0–20	11,01	–	12,24	–	15,86	–	1,33	–
	20–40	20,00	–	11,25	–	12,64	–	1,72	–

Использование фосфогипса нейтрализованного на чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом привело к достоверному снижению содержания обменного натрия.

В первый год после внесения мелиоранта достоверного снижения обменного натрия нет только в пахотном слое почвы на вариантах с внесением

5мт/га фосфогипса нейтрализованного. В пахотном слое почвы исследуемый показатель сильнее всего снизился на вариантах с внесение 20 т/га мелиоранта (–0,51 ммоль/100 г), в подпахотном — на вариантах с внесением 15 т/га (–1,06 ммоль/100 г).

На второй год наблюдений достоверный эффект присутствует на всех вариантах опыта. Эффект выявлен на вариантах с внесением расчётной (10 т/га) дозы фосфогипса нейтрализованного, где снижение содержания обменного натрия составило в пахотном слое почвы 0,37 ммоль/100 г, а в подпахотном — 1,07 ммоль/100 г.

На третий год наблюдений лучшими по оказанному эффекту стали варианты с внесением 15 т/га фосфогипса нейтрализованного. На них снижение содержания обменного натрия составило в пахотном слое почвы составило 0,68 ммоль/100 г, а в подпахотном — 1,04 ммоль/100 г.

В среднем за 3 года наблюдений максимальный эффект на содержание обменного натрия в почве оказали повышенные дозы фосфогипса нейтрализованного в 15 и 20 т/га. На данных вариантах снижение содержания обменного натрия в пахотном слое почвы составило 0,49 ммоль/100 г, в подпахотном — 1,02 и 1,03 ммоль/100 г соответственно.

Теоретическая основа проведения гипсования солонцовых почв основывается на донасыщении поглощающего комплекса почвы кальцием и вытеснении натрия и магния. В этом процессе увеличение количества кальция в коллоидном комплексе солонцовых почв приводит к коагуляции почвенных коллоидов и вытеснению натрия.

В итоге образуются сульфаты натрия, которые являются гидролитически нейтральными и хорошо растворимыми. В небольших количествах они полностью безвредные. При достаточной влагообеспеченности соли натрия перемещаются вниз по почвенному профилю. Доля элементов в сумме обменных оснований представлена в таблице 13.

Таблица 13 — Доля элементов в сумме обменных оснований чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого

Варианты / показатели	Эле-менты	Слой 0–20 см						Слой 20–40 см					
		2022 г.		2023 г.		2024 г.		2022 г.		2023 г.		2024 г.	
		ммоль /100 г	%	ммоль /100 г	%	ммоль /100 г	%	ммоль /100 г	%	ммоль /100 г	%	ммоль /100 г	%
1. Контроль	Ca	21,9	61,7	21,3	63,0	22,4	65,3	21,5	67,2	20,7	62,3	21,8	65,3
	Mg	12,7	35,8	11,6	34,3	10,9	31,8	8,9	27,8	10,8	32,5	9,9	29,6
	Na	0,9	2,5	0,9	2,7	1,0	2,9	1,6	5,0	1,7	5,1	1,7	5,1
	∑	35,5	100	33,8	100	34,3	100	32,0	100	33,2	100	33,4	100
2. ФГн 5 т/га	Ca	21,9	56,7	21,2	66,0	23,2	71,8	22,0	58,9	21,5	67,6	22,6	68,7
	Mg	15,9	41,2	10,3	32,1	8,4	26,0	15,3	41,0	9,6	30,2	9,3	28,3
	Na	0,8	2,1	0,6	1,9	0,7	2,2	1,4	0,1	0,7	2,2	1,0	3,0
	∑	38,6	100	32,1	100	32,3	100	38,7	100	31,8	100	32,9	100
3. ФГн 10 т/га	Ca	25,5	76,1	22,5	68,0	24,8	77,5	23,0	71,4	23,6	71,7	24,4	75,3
	Mg	8,0	23,8	10,0	30,2	6,6	20,6	8,4	26,1	8,7	26,4	7,3	22,5
	Na	0,5	0,1	0,6	1,8	0,6	1,9	0,8	2,5	0,6	1,8	0,7	2,2
	∑	34,0	100	33,1	100	32,0	100	32,2	100	32,9	100	32,4	100
4. ФГн 15 т/га	Ca	23,4	62,1	23,6	71,1	25,0	78,6	22,7	62,5	21,9	67,2	24,4	74,6
	Mg	13,9	36,6	9,0	27,1	6,5	20,4	13,0	35,8	10,0	30,7	7,6	23,2
	Na	0,4	1,1	0,6	1,8	0,3	0,9	0,6	1,7	0,7	2,1	0,7	2,1
	∑	37,7	100	33,2	100	31,8	100	22,7	100	32,6	100	32,7	100
5. ФГн 20 т/га	Ca	24,0	63,3	20,9	67,4	24,9	76,4	23,0	57,6	21,3	62,1	24,4	73,9
	Mg	13,9	36,6	9,5	30,6	7,3	22,4	16,3	40,9	12,4	36,2	7,9	23,9
	Na	0,39	0,1	0,6	1,9	0,4	1,2	0,6	1,5	0,6	1,7	0,7	2,1
	∑	38,3	100	31,0	100	32,6	100	39,9	100	34,3	100	33,0	100

Таким образом, за период наших исследований мы установили, что:

— внесённые расчётная (10 т/га) и повышенные дозы (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного привели к снижению реакции pH чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого. Данный эффект достигнут в 2023–2024 гг. наблюдений в пахотном слое почвы, считаем это результатом действия кислых компонентов, присутствующих в мелиоранте;

— максимальный эффект по влиянию фосфогипса нейтрализованного на содержание подвижного фосфора в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом был проявлен на третий год после внесения. Это соответствует представлениям о последействии мелиоранта, описанным в научных публикациях. Также достижению эффекта на третий год послужила достаточная влагообеспеченность за 2 предыдущих года. Лучший эффект по влиянию на содержание подвижного фосфора оказали повышенные дозы (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного, которые смогли обеспечить увеличение исследуемого показателя в слое почвы 0–20 см на 15–16 мг/кг, а в слое 20–40 см на 9 мг/кг. Вторыми по результативности оказались варианты с внесением расчётной дозы (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного, где увеличение содержания подвижного фосфора по слоям почвы составило 14 и 8 мг/кг соответственно. На вариантах с внесением пониженной дозы (5 т/га) фосфогипса нейтрализованного эффекта не выявлено;

— внесённые дозы фосфогипса нейтрализованного не смогли существенно повлиять на содержание подвижного калия в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом. На всех вариантах опыта разница с контролем не превосходила значений НСР, средние показатели за период наблюдения также не продемонстрировали чёткой закономерности по содержанию данного элемента питания растений;

— по данным статистической обработки данных, на протяжении всего периода наблюдений существенной разницы между вариантами с внесением фосфогипса нейтрализованного по содержанию органического вещества в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом не было установлено. Считаем,

что данный процесс имеет более длительный характер, период наших наблюдений его не отражает в полной мере. Содержание органического вещества на вариантах опыта варьировало для пахотного горизонта от 4,0 до 4,3 %, для подпахотного — от 3,7 до 4,2 %;

— эффект от применения фосфогипса нейтрализованного на содержание подвижной серы в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом прямо пропорционален дозам вносимого мелиоранта. Полученная разница по вариантам опыта статистически достоверна на протяжении всего периода исследований. Среднее за 3 года увеличение содержания подвижной серы в пахотном слое почвы составило от 6,1 до 12,8 мг/кг (71–149 %), в подпахотном — от 5,9 до 9,4 мг/кг (67–107 %). Это позволило перевести обеспеченность почвы данным элементом питания из средней в высокую группировку;

— влияние на содержание обменного кальция в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом также проявляется в динамике, наибольший эффект выявлен на третий год исследований. Лучшими по влиянию на данный агрохимический показатель признаны варианты с применением расчётной дозы (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного, средняя за 3 года разница с контролем на них составила 2,4 ммоль/100 г для слоя почвы 0–20 см и 2,2 ммоль/100 г для слоя 20–40 см. Варианты с повышенным дозами (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного также оказали достоверный эффект, но менее выраженный. На варианте с внесением пониженной дозы (5 т/га) фосфогипса нейтрализованного статистически значимого результата не выявлено;

— по влиянию на содержание обменного магния в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом самыми эффективными стали варианты с расчётной дозой (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного. Среднее снижение показателей на этих вариантах для пахотного и подпахотного слоёв почвы составило соответственно 3,5 и 1,8 ммоль/100 г, а доля элемента в сумме поглощённых оснований — 20,6 и 22,5 %. На втором месте по эффективности выступили повышенные дозы (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного,

на которых снижение содержания магния в пахотном и подпахотном слое почвы составило 1,9 и 3,3 ммоль/100 г соответственно. Пониженная доза (5 т/га) мелиоранта оказала незначительный эффект;

— по влиянию на содержание обменного натрия в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом самыми эффективными стали варианты с повышенными дозами (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного. Для обеих доз мелиоранта среднее за 3 года снижение показателя в пахотном и подпахотном слоях почвы составило порядка 0,49 и 1,02 ммоль/100 г, а доля в сумме поглощённых оснований — 1,2 и 1,8 % соответственно. На втором месте по эффективности выступила расчётная доза (10 т/га), где снижение по слоям почвы составило 0,41 и 0,97 ммоль/100 г соответственно. Меньше всего содержание обменного натрия снизилось на вариантах с пониженной дозой (5 т/га) фосфогипса нейтрализованного — на 0,27 и 0,67 ммоль/100 г соответственно.

ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ ФОСФОГИПСА НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

4.1. Влияние фосфогипса нейтрализованного на биометрические показатели растений озимой пшеницы

Основной эффект от внесения фосфогипса нейтрализованного на показатели роста и структуры урожая сельскохозяйственных культур при их возделывании на солонцовых почвах должен достигаться за счёт изменения водно-физических свойств данных почв. Данный результат, в первую очередь, достигается за счёт увеличения доли кальция в сумме поглощённых оснований и снижения магния и натрия. В итоге растения получают более благоприятные условия для роста и развития.

С целью определения влияния фосфогипса нейтрализованного на рост и развитие растений озимой пшеницы в период исследований нами были проведены наблюдения за высотой растений, количеством продуктивных колосьев, массой 1000 зёрен и количеством зёрен в колосе. Так как данные показатели могут сильно зависеть от погодного фактора, для оценки степени его влияния нами был проведён корреляционный анализ с помощью мастера функций программы «LibreOffice Calc».

Высота растений озимой пшеницы

На продуктивность растений может влиять величина их фотосинтезирующих органов. По мнению ряда авторов, урожайность озимой пшеницы находится во взаимосвязи с линейными показателями роста растений, однако в некоторых случаях данная взаимосвязь может носить и отрицательный характер (Акимова О. И., 2009). Например, при возделывании озимой пшеницы в засушливых условиях повышенный объём вегетативной массы может привести к снижению урожайности вследствие неэффективного расходования растениями влаги. Также при излишнем росте растений повышается риск их

полегания, что приводит к дополнительным потерям при механизированной уборке урожая.

Возделываемый на опыте сорт озимой пшеницы Адель относится к высокорослым сортам, высота растений варьирует от 81 до 110 см. Сорт устойчив к полеганию.

Контроль за ростом растений озимой пшеницы осуществлён путём линейного замера надземных вегетативных органов. Ежегодные измерения были проведены в ходе биологического учёта урожайности озимой пшеницы. В каждом из сформированных снопов проведён замер высоты 10 растений до верхней части колоса (Таблица 14).

Таблица 14 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на высоту растений озимой пшеницы, см

Варианты / показатели	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	95,1	–	95,4	–	80,9	–	90,5	–
2. ФГн 5 т/га	96,1	1,0	97,5	2,1	82,7	1,8	92,1	1,6
3. ФГн 10 т/га	96,1	1,0	97,7	2,4	82,3	1,4	92,0	1,5
4. ФГн 15 т/га	92,4	–2,7	97,8	2,4	81,8	0,9	90,7	0,2
5. ФГн 20 т/га	91,7	–3,4	97,6	2,2	79,5	–1,4	89,6	–0,9
НСР 05	4,0	–	2,5	–	1,9	–	1,8	–
F05	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	2,70	–	1,75	–	4,58	–	3,51	–
Sx%	1,34	–	0,80	–	0,74	–	0,12	–

На первый год после внесения фосфогипса нейтрализованного высота растений по вариантам опыта варьировала от 91,7 до 96,1 см. Разница между вариантами укладывается в значение НСР. Статистический анализ по

F-критерию установил, что его фактическое значение не превышает теоретическое.

Во второй год наблюдений высота растений озимой пшеницы варьировала от 95,4 до 97,6 см. Статистическая обработка данных не выявила существенного изменения данного показателя развития растений от применённых доз фосфогипса нейтрализованного.

В 2024 г. относительно первых двух лет присутствует некоторое общее снижение показателей роста озимой пшеницы, диапазон значений составил от 79,5 до 82,7 см. В первую очередь связываем данное явление с погодными условиями за вегетационный период озимой пшеницы. Так, если в 2022–2023 гг. сумма выпавших осадков составила 101–107 % от среднемноголетних показателей, то в 2024 г. данное значение составило всего лишь 74 %, что свидетельствует о дефиците влаги. Корреляционный анализ данных установил взаимосвязь погодных условий с высотой растений озимой пшеницы. Для данного биометрического показателя выявлена сильная положительная связь (r = 0,98) с показателями количества выпавших осадков, а также сильная отрицательная связь (r = –0,93) с показателями температуры воздуха за вегетационный период.

За 3 года наблюдений средняя высота растений варьировала от 89,6 до 92,1 см. Наименьшая высота растений получена на вариантах с внесением 20 т/га фосфогипса нейтрализованного, снижение показателя относительно контроля составило 1 %. Наибольшая высота растений была на вариантах с внесением 5 и 10 т/га фосфогипса нейтрализованного, где увеличение относительно контроля составило 2 %.

Количество продуктивных стеблей озимой пшеницы

Количество продуктивных стеблей озимой пшеницы – это один из показателей, от которого сильно зависит урожайность озимой пшеницы. В свою очередь на него влияют такие факторы, как густота посевов, продолжительность фазы кущения, глубина и сроки сева, обеспеченность минеральным питанием и средствами защиты растений.

Внесение мелиоранта призвано улучшить водно-физические и физико-химические свойства солонцовых почв для более благоприятного развития растений, а также обеспечить их дополнительным источником поступления элементов питания.

Замер количества продуктивных стеблей произведён в ходе разбора снопов озимой пшеницы во время проведения биологического учёта урожайности (Таблица 15).

Таблица 15 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на количество продуктивных стеблей озимой пшеницы, шт/м^2

Варианты / показатели	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	493	–	486	–	441	–	473	–
2. ФГн 5 т/га	459	–34	459	–27	468	27	462	–11
3. ФГн 10 т/га	470	–23	499	13	490	49	486	13
4. ФГн 15 т/га	494	1	453	–33	494	53	480	7
5. ФГн 20 т/га	435	–58	494	8	495	54	475	1
НСР 05	37	–	35	–	36	–	29	–
F05	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	4,50	–	3,50	–	3,51	–	0,86	–
Sx%	2,93	–	2,34	–	2,58	–	0,39	–

В первый год после внесения фосфогипса нейтрализованного было отмечено негативное влияние повышенной дозы (20 т/га) мелиоранта на количество продуктивных стеблей, достоверное снижение данного показателя составило 58 шт/м^2. Прочие варианты статистически значимого результата не дали. В данный период наблюдений количество продуктивных стеблей на вариантах опыта варьировало от 435 до 494 шт/м^2.

В 2023 г. данный показатель варьировал от 453 до 499 шт/м^2. Отличие вариантов с применением фосфогипса нейтрализованного от контроля было незначительным и укладывалось в размер наименьшей существенной разницы.

В 2024 г. показатели на варианте с пониженной дозой (5 т/га) фосфогипса нейтрализованного статистически не отличались от контроля. Варианты с внесением расчётной (10 т/га) и повышенными дозами (15 и 20 т/га) мелиоранта привели к сопоставимому повышению количества продуктивных стеблей, увеличение по отношению к контролю составило от 49 до 54 шт/м^2. В целом за год количество продуктивных стеблей озимой пшеницы по вариантам опыта варьировало от 441 до 494 шт/м^2.

За 3 года наблюдений среднее количество продуктивных стеблей озимой пшеницы по вариантам опыта варьировало от 462 до 486 шт/м^2. Меньше всего стеблей было получено на вариантах с внесением 5 т/га фосфогипса нейтрализованного, где снижение данного показателя относительно контроля составило 2 %. Максимальный результат по количеству стеблей озимой пшеницы получен на вариантах с расчётной дозой (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного, на которых увеличение составило 3 % относительно контрольного варианта.

Масса 1000 зёрен озимой пшеницы

Следующим важным фактором, определяющим урожайность озимой пшеницы, является масса 1000 зёрен. Данный показатель характеризует выполненность зерна, чем он выше, тем потенциально больший запас питательных веществ концентрируется в зерне. Для формирования полновесного питания необходимо наличие оптимальных условий по влагообеспеченности, питанию и температурному режиму.

В характеристиках сорта Адель, возделываемого в нашем опыте, указана средняя масса 1000 зёрен в 36–46 г. Полученные в ходе исследования данные несколько ниже данного значения (Таблица 16).

Таблица 16 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на массу 1000 зёрен озимой пшеницы, г

Варианты / показатели	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	35,3	–	31,8	–	30,4	–	32,5	–
2. ФГн 5 т/га	33,2	–2,1	34,7	2,9	30,3	–0,1	32,7	0,2
3. ФГн 10 т/га	34,1	–1,2	35,3	3,5	32,6	2,2	34,0	1,5
4. ФГн 15 т/га	34,5	–0,8	35,4	3,6	31,9	1,6	33,9	1,4
5. ФГн 20 т/га	35,3	0,0	35,7	3,9	31,1	0,7	34,0	1,5
НСР 05	1,2	–	2,4	–	1,3	–	1,4	–
F05	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	5,39	–	4,66	–	5,54	–	1,49	–
Sx%	1,59	–	2,16	–	1,35	–	0,26	–

Статистическая обработка данных по массе 1000 зёрен озимой пшеницы на вариантах опыта показала достоверность полученных результатов за весь период наблюдений. Статистический анализ по *F*-критерию свидетельствует о превышении фактического значения (4,63–5,39) данного параметра над теоретическим.

По влиянию на массу 1000 зёрен в 2022 г. было зафиксировано уменьшение данного показателя на вариантах с пониженной (5 т/га) и расчётной дозами (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного, которое составило 2,1 и 1,2 г соответственно. В целом же за первый год наблюдений данный показатель варьировал по вариантам опыта от 33,2 до 35,3 г.

На второй год после внесения фосфогипса на всех вариантах с применением мелиоранта выявлено достоверное повышение массы 1000 зёрен. На варианте с пониженной дозой (5 т/га) фосфогипса нейтрализованного увеличение данного показателя составило 2,9 г, или 9 % от контроля, на втором месте по эффективности расположились варианты

с внесением 10 и 15 т/га — разница с контролем на них составила 3,5–3,6 г, что на 11 % выше, чем на контрольном варианте. Лучший эффект в 2023 г. продемонстрировал вариант с внесением 20 т/га фосфогипса нейтрализованного, где повышение составило 3,9 г, или 12 %. В целом за второй год наблюдений данный показатель варьировал по вариантам опыта от 31,8 до 35,7 г.

В третий год наблюдений ситуация снова поменялась. С одной стороны, на данный период приходится ожидаемое наступление оптимального эффекта от внесения фосфогипса, с другой стороны, погодные условия данного года заметно отличались от средних многолетних по количеству выпавших осадков (Приложения 3 и 4). В итоге на вариантах с внесением пониженной дозы (5 т/га) фосфогипса нейтрализованного существенной разницы с контролем не выявлено, а варианты с повышенными дозами (15 и 20 т/га) мелиоранта продемонстрировали увеличение массы 1000 зёрен на 1,6 и 0,7 г, что соответственно составляет 5 и 2 %. Наилучший эффект был получен на варианте с расчётной дозой (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного, увеличение исследуемого показателя относительно контроля на данных вариантах опыта составило 2,2 г, или 7 %.

В целом за третий год наблюдений данный показатель варьировал по вариантам опыта от 30,3 до 32,6 г. Также стоит отметить выявленную корреляционную связь данного показателя с погодными условиями. С показателями количества выпавших осадков за период вегетации выявлена сильная положительная связь (r = 0,81), а с показателями температуры воздуха — сильная отрицательная (r = –0,81).

Средняя за 3 года наблюдений масса 1000 зёрен озимой пшеницы по вариантам опыта варьировала от 32,5 до 34,0 г. Наименьшую за период разницу с контролем обеспечили варианты с внесением 5 т/га фосфогипса нейтрализованного, на них увеличение исследуемого показателя составило 1 %. Варианты с внесением расчётной (10 т/га) и повышенных доз (15 и 20 т/га) мелиоранта увеличили среднюю массу 1000 зёрен на 5 %.

Количество зёрен в колосе озимой пшеницы

Следующим важным фактором для определения урожайности озимой пшеницы является количество зёрен в колосе. Исходя из анализа научных источников данный показатель во многом определяется особенностями возделываемого сорта. Также в ходе ряда опытов и наблюдений было установлено, что у него присутствует и зависимость от погодных условий периода вегетации растений, а также обеспеченности растений элементами питания в осенний период (Кошеляев В. В., Кошеляева И. П., Гурьянова Н. М., 2021).

Данный показатель является производным от данных по средней массе колоса озимой пшеницы и массы её 1000 зёрен (Таблица 17).

Таблица 17 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на количество зёрен в колосе озимой пшеницы, шт.

Варианты / показатели	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	29	–	27	–	18	–	25	–
2. ФГн 5 т/га	34	5,0	28	1,0	19	1,0	27	2,0
3. ФГн 10 т/га	31	2,0	28	1,0	17	–1,0	25	0,0
4. ФГн 15 т/га	30	1,0	26	–1,0	17	–1,0	24	–1,0
5. ФГн 20 т/га	30	1,0	25	–2,0	17	–1,0	24	–1,0
НСР 05	1,5	–	2,8	–	2,4	–	1,6	–
F05	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	2,62	–	2,36	–	1,11	–	2,58	–
Sx%	1,55	–	3,26	–	4,35	–	0,38	–

Для сорта озимой пшеницы Адель ориентировочные величины данного параметра не приведены в описании сорта, но в научных публикациях встречаются их фактические значения. Так, по результатам полевого опыта,

проведённого в степной зоне Республики Северная Осетия — Алания данный показатель варьировал от 24 до 26 шт. (Тедеева А. А., Тедеева В. В., 2021).

В наших исследованиях существенного влияния вносимых доз фосфогипса нейтрализованного на данный показатель структуры урожая озимой пшеницы не выявлено. Анализ данных по *F*-критерию не установил достоверных результатов, разница между вариантами опыта в большинстве случаев ниже НСР.

В первый год после внесения фосфогипса нейтрализованного количество зёрен в колосе озимой пшеницы по вариантам опыта варьировало от 29 до 39 шт., во второй год — от 25 до 28 шт., в третий — то 17 до 19 шт. В данном ряду сильно выделяются значения за 2024 г. Связываем это с неблагоприятными погодными условиями за период вегетации растений (Приложения 3 и 4), так как в условиях дефицита влаги озимая пшеница склонна к формированию более низкого числа зёрен в колосе. Это было подтверждено с помощью корреляционного анализа. С показателями количества выпавших осадков выявлена сильная положительная связь (r = 0,87), а с показателями температуры воздуха — сильная отрицательная (r = –0,96).

Среднее за 3 года наблюдений количество зёрен в колосе озимой пшеницы по вариантам опыта варьировало от 24 до 27 шт. На вариантах с повышенными дозами (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного значение данного показателя структуры урожая снизилось на 4 %, на вариантах с расчётной (10 т/га) было равно контролю, а на вариантах с внесением 5 т/га мелиоранта — выше контроля на 8 %.

Таким образом, в ходе наших исследований по влиянию доз фосфогипса нейтрализованного на биометрические показатели растений озимой пшеницы сделаны следующие выводы:

— средняя за 3 года высота растений на вариантах опыта варьировала от 89,6 до 92,1 см. Наименьшая высота растений получена на вариантах с внесением 20 т/га фосфогипса нейтрализованного, снижение показателя относительно контроля составило 1 %. Наибольшая высота растений была

на вариантах с внесением 5 и 10 т/га фосфогипса нейтрализованного, где увеличение относительно контроля составило 2 %. По данному показателю выявлена сильная положительная корреляционная связь (r = 0,98) с показателями количества выпавших за период вегетации осадков, а также сильная отрицательная связь (r = –0,93) с показателями температуры воздуха;

— по показателю количества продуктивных стеблей эффект от применения фосфогипса нейтрализованного в полной мере проявился на третий год после внесения. За 3 года наблюдений среднее количество продуктивных стеблей озимой пшеницы по вариантам опыта варьировало от 462 до 486 шт/м^2. Меньше всего стеблей было получено на вариантах с внесением 5 т/га фосфогипса нейтрализованного, где снижение данного показателя относительно контроля составило 2 %. Максимальный результат по количеству продуктивных стеблей озимой пшеницы получен на вариантах с расчётной дозой (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного, на которых увеличение составило 3 % относительно контрольного варианта;

— средняя за 3 года наблюдений масса 1000 зёрен озимой пшеницы по вариантам опыта варьировала от 32,5 до 34,0 г. Наименьшую за период разницу с контролем обеспечили варианты с внесением 5 т/га фосфогипса нейтрализованного, на них увеличение исследуемого показателя составило 1 %. Варианты с внесением расчётной (10 т/га) и повышенных доз (15 и 20 т/га) мелиоранта увеличили среднюю массу 1000 зёрен на 5 %. Также стоит отметить выявленную корреляционную связь данного показателя с погодными условиями. С показателями количества выпавших осадков выявлена сильная положительная связь (r = 0,81), а с показателями температуры воздуха — сильная отрицательная (r = –0,81);

— среднее за 3 года наблюдений количество зёрен в колосе озимой пшеницы по вариантам опыта варьировало от 24 до 27 шт. На вариантах с повышенными дозами (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного значение данного показателя структуры урожая снизилось на 4 %, на вариантах с расчётной (10 т/га) было равно контролю, а на вариантах с внесением 5 т/га

мелиоранта выше контроля на 8 %. Также присутствует снижение данного показателя в среднем за 2024 г. Считаем, что это может быть связано с влиянием погодных условий, так как с показателями количества выпавших осадков выявлена сильная положительная корреляционная связь (r = 0,87), с показателями температуры воздуха — сильная отрицательная (r = –0,96).

4.2. Влияние фосфогипса нейтрализованного на химический состав растений озимой пшеницы

Для контроля за состоянием посевов озимой пшеницы и обеспеченностью их элементами питания нами была выполнена растительная диагностика. В ходе её проведения с каждой делянки опыта в фазу колошения озимой пшеницы были отобраны 3 верхних листа растений. В сформированных растительных образцах было определено содержание общих форм азота, фосфора и калия. Отбор проб и их химический анализ проведены согласно рекомендациям по проведению диагностики питания сельскохозяйственных культур (Церлинг В. В., 1990).

Содержание азота в растениях озимой пшеницы

Обеспеченность растений озимой пшеницы азотом зависит от таких факторов, как плодородие почвы, предшественник и погодные условия. Для обеспечения растений данным элементом питания эффективно проводить почвенные и листовые азотные подкормки (Чекмарев П. А., Ситников В. Н., Егоров В. П. и др., 2019). Основное потребление азота происходит в фазу весеннего кущения до колошения и в фазу быстрого нарастания вегетативной массы.

Результаты статистической обработки полученных данных по содержанию общего азота в растениях озимой пшеницы не смогли выявить существенного влияния доз фосфогипса нейтрализованного на данный показатель. Значения по вариантам опыта в период наблюдений варьировали

незначительно и укладывались в значение НСР. Данные по влиянию фосфогипса нейтрализованного на содержание азота в растениях озимой пшеницы представлены в Таблице 18.

Таблица 18 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание азота в растениях озимой пшеницы, %

Варианты / показатели	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	3,18	–	3,38	–	3,56	–	3,37	–
2. ФГн 5 т/га	3,50	0,32	3,51	0,12	3,67	0,11	3,56	0,19
3. ФГн 10 т/га	3,32	0,14	3,66	0,28	3,69	0,13	3,56	0,19
4. ФГн 15 т/га	3,11	–0,07	3,61	0,23	3,78	0,22	3,50	0,13
5. ФГн 20 т/га	3,13	–0,05	3,66	0,28	3,76	0,20	3,52	0,15
НСР 05	0,77	–	0,44	–	0,18	–	0,28	–
F05	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	0,44	–	0,75	–	2,43	–	0,72	–
Sx%	7,54	–	3,90	–	1,51	–	0,49	–

**Оптимальные значения для фазы колошения 3,0–3,7 %.*

В 2022 г. содержание общего азота в растениях варьировало от 3,11 до 3,18 %, в 2023 г. — от 3,38 до 3,66 %, в 2024 г. — от 3,56 до 3,78 %. Корреляционный анализ данных выявил среднюю обратную корреляционную связь (r = –0,51) с количеством выпавших за период вегетации осадков, а также среднюю прямую (r = 0,69) с температурой воздуха.

В среднем за 3 года наблюдений содержание общего азота в растениях озимой пшеницы в фазу колошения на вариантах с внесением 5 и 10 т/га составило 3,56 %, на вариантах с 20 т/га — 3,52 %, на вариантах с 15 т/га — 3,50 %. На всех вариантах опыта значения соответствуют оптимальным для данной фазы развития растений.

Содержание фосфора в растениях озимой пшеницы

На содержание фосфора в растениях озимой пшеницы влияет обеспеченность почвы данным элементом питания, технология выращивания сельскохозяйственной культуры, влагообеспеченность и температурный режим посевов в период вегетации растений, система применяемых удобрений.

В почвенно-климатических условиях Ставропольского края устранить дефицит фосфора труднее, чем азота, проведение подкормок удобрениями, содержащими данный элемент питания, малоэффективно. Основную роль в обеспечении растений доступным фосфором в таких условиях играют основное и припосевное внесение фосфорсодержащих удобрений.

Данные по влиянию фосфогипса нейтрализованного на содержание фосфора в растениях озимой пшеницы представлены в Таблице 19.

Таблица 19 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание фосфора в растениях озимой пшеницы, %

Варианты / показатели	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	0,69	–	0,81	–	0,56	–	0,69	–
2. ФГн 5 т/га	0,67	–0,02	0,86	0,05	0,59	0,03	0,71	0,02
3. ФГн 10 т/га	0,70	0,01	0,85	0,04	0,58	0,02	0,71	0,02
4. ФГн 15 т/га	0,65	–0,03	0,86	0,05	0,56	0,00	0,69	0,00
5. ФГн 20 т/га	0,72	0,04	0,83	0,02	0,58	0,01	0,71	0,02
НСР 05	0,11	–	0,08	–	0,06	–	0,05	–
F05	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	0,62	–	0,91	–	0,45	–	0,56	–
Sx%	5,08	–	2,89	–	3,29	–	0,38	–

** Оптимальные значения для фазы колошения 0,25–0,40 %.*

Результаты статистической обработки полученных данных по содержанию общего фосфора в растениях озимой пшеницы не смогли выявить существенного влияния доз фосфогипса нейтрализованного на данный показатель. Значения по вариантам опыта в период наблюдений варьировали незначительно и укладывались в значение НСР.

В 2022 г. содержание общего фосфора в растениях варьировало от 0,65 до 0,72 %, в 2023 г. — от 0,81 до 0,86 %, в 2024 г. — от 0,56 до 0,59 %. Корреляционный анализ данных выявил сильную прямую корреляционную связь (r = 0,88) с количеством выпавших за период вегетации осадков, а также среднюю обратную (r = –0,71) с температурой воздуха.

В среднем за 3 года наблюдений содержание общего фосфора в растениях озимой пшеницы на вариантах с внесением 5, 10 и 20 т/га составило 0,71 %, на вариантах с 15 т/га — 0,69 %. На всех вариантах опыта полученные значения соответствуют высокой группировке для данный фазы развития растений.

Содержание калия в растениях озимой пшеницы

На содержание калия в растениях озимой пшеницы влияют погодные условия, система удобрений и обеспеченность почвы данным элементом питания. В весенний период достаточная обеспеченность калием повышает засухоустойчивость растений, ослабляет негативное действие избыточного азотного питания, благоприятствует образованию более прочных тканей в стебле растения, повышает устойчивость против полегания.

Почвы Ставропольского края, как правило, хорошо обеспечены калием. Так, в Андроповском муниципальном округе на долю с низким и очень низким содержанием подвижного калия приходится только 2,2 % пашни.

Результаты статистической обработки полученных данных по содержанию общего калия в растениях озимой пшеницы не смогли выявить существенного влияния доз фосфогипса нейтрализованного на данный показатель. Значения по вариантам опыта в период наблюдений варьировали незначительно и укладывались в значение НСР (Таблица 20).

Таблица 20 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание калия в растениях озимой пшеницы, %

Варианты / показатели	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	2,90	–	3,58	–	1,83	–	2,77	–
2. ФГн 5 т/га	3,29	0,39	3,40	–0,17	1,87	0,04	2,85	0,08
3. ФГн 10 т/га	3,16	0,26	3,48	–0,09	1,96	0,13	2,87	0,10
4. ФГн 15 т/га	3,15	0,25	3,51	–0,07	1,95	0,12	2,87	0,10
5. ФГн 20 т/га	3,27	0,37	3,55	–0,03	1,93	0,10	2,92	0,15
НСР 05	0,76	–	0,45	–	0,15	–	0,27	–
F05	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	0,41	–	0,22	–	1,35	–	0,38	–
Sx%	7,63	–	4,11	–	2,52	–	0,49	–

** Оптимальные значения для фазы колошения 2,5–2,9 %.*

В 2022 г. содержание общего калия в растениях варьировало от 2,90 до 3,29 %, в 2023 г. — от 3,40 до 3,58 %, в 2024 г. — от 1,83 до 1,96 %. В 2022–2023 гг. представленное содержание соответствовало высокой группировке по обеспеченности этим элементом питания, в то время как в 2024 г. полученные значения относились к низкой. Названное явление можем связать с воздействием погодных условий. Так, корреляционный анализ данных для содержания общего калия в растениях выявил сильную прямую корреляционную связь (r = 0,99) с количеством выпавших за период вегетации осадков, а также среднюю обратную (r = –0,92) с температурой воздуха.

Таким образом, в ходе наших исследований по влиянию доз фосфогипса нейтрализованного на химический состав растений озимой пшеницы сделаны следующие выводы:

— статистически достоверного влияния внесения фосфогипса нейтрализованного на содержание общих форм азота, фосфора и калия

в растениях озимой пшеницы в фазу колошения не установлено. Изучаемые показатели варьировали незначительно, разница между вариантами опыта находилась в пределах наименьшей существенной;

— содержание общего азота и фосфора в растениях озимой пшеницы соответствовало оптимальной или высокой обеспеченности данными элементами питания. По калию в 2022–2023 гг. обеспеченность была аналогичной, в 2024 г. нами был выявлен его недостаток. Названное явление можно объяснить погодным фактором, так как последний год был более засушливым и теплым, чем два предыдущих. Корреляционный анализ выявил для этого элемента питания сильную прямую корреляционную связь (r = 0,99) с количеством выпавших за период вегетации осадков, а также среднюю обратную (r = –0,92) — с температурой воздуха.

4.3. Влияние фосфогипса нейтрализованного на урожайность озимой пшеницы

Озимая пшеница является одной из ведущих сельскохозяйственных культур Ставропольского края, объёмы её производства — важный фактор для экономики региона. Данная культура характеризуется высоким потенциалом в формировании урожая, но для его раскрытия в полной мере необходимо обеспечение оптимальных условий питания и развития растений. Культура довольно требовательна к плодородию и агротехническим свойствам почв, для её возделывания хорошо пригодны чернозёмы (Чекмарев П. А., Ситников В. Н., Егоров В. П. и др., 2019).

Благоприятное влияние фосфогипса на урожайность озимой пшеницы было подтверждено в ходе множества полевых экспериментов. Исследовался как мелиорирующий эффект фосфогипса, так и эффект от него в качестве комплексного удобрения. Применение фосфогипса нейтрализованного на чернозёме выщелоченном слитом позволило добиться прибавки урожайности озимой пшеницы в 35,2–35,9 % (Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., Хурум Х. Д.

и др., 2024), а на дерново-подзолистой почве — на 8,8–12,1 % (Аканова Н. И., Холомьева Л. Н., Плескачев Ю. Н., 2024).

Определение биологической урожайности для нашего исследования проведено в оптимальные агротехнические сроки и с учётом погодных условий и развития растений озимой пшеницы за каждый год наблюдений (Таблица 21).

Таблица 21 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на урожайность озимой пшеницы, т/га

Варианты / показатели	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	5,01	–	4,18	–	2,34	–	3,84	–
2. ФГн 5 т/га	5,06	0,05	4,48	0,30	2,62	0,28	4,05	0,21
3. ФГн 10 т/га	5,24	0,23	4,49	0,31	2,67	0,33	4,13	0,29
4. ФГн 15 т/га	4,87	–0,14	4,55	0,37	2,67	0,33	4,02	0,18
5. ФГн 20 т/га	4,51	–0,50	4,51	0,33	2,64	0,30	3,89	0,05
НСР 05	0,22	–	0,25	–	0,21	–	0,19	–
F05	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	15,46	–	3,61	–	4,46	–	4,23	–
Sx%	1,39	–	1,79	–	2,57	–	0,28	–

Результаты опыта достоверны в течение всех трёх лет наблюдений, что подтверждается статистической обработкой данных по *F*-критерию, значение которого по годам составляло от 3,61 до 15,46.

В первый год после внесения фосфогипс нейтрализованный оказал неоднозначный эффект на урожайность озимой пшеницы. На вариантах с применением 5 и 15 т/га достоверного влияния не установлено. Варианты с внесением 10 т/га мелиоранта повысили урожайность на 0,23 т/га, что выше контроля на 5 %. Варианты с применением 20 т/га фосфогипса

нейтрализованного оказали негативный эффект, снижение урожайности составило 0,50 т/га.

Во второй год после внесения данные по урожайности стали более стабильными, достоверная прибавка выявлена на всех вариантах с внесением фосфогипса нейтрализованного. На вариантах с пониженной (5 т/га) и расчётной (10 т/га) дозами мелиоранта прибавки урожайности озимой пшеницы составили от 0,30 до 0,31 т/га, что в среднем выше значений на контроле на 7 %. Варианты с повешенными дозами (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного обеспечили прибавку урожайности от 0,33 до 0,37 т/га, что выше контроля на 8–9 %.

В 2024 г. урожайность озимой пшеницы по всем вариантам опыта в среднем ниже, чем в 2022–2023 гг., что можно связать с неблагоприятными условиями по влагообеспеченности и температурному режиму за данный период вегетации сельскохозяйственной культуры. При этом достоверная прибавка урожайности, как и в 2023 г., выявлена на всех вариантах с применением фосфогипса нейтрализованного. Лучший эффект получен при внесении 10 и 15 т/га мелиоранта, прибавка составила 0,33 т/га, или 14 % от контроля. На втором месте по эффективности внесение 20 т/га, где прибавка урожайности равна 0,30 т/га, или 13 % от контроля. Наименьший результат в данному году наблюдений продемонстрировали варианты с пониженной дозой (5 т/га) фосфогипса нейтрализованного, на них прибавка урожайности составила 0,28 т/га, или 12 %.

Таким образом, средняя за 3 года наблюдений урожайность озимой пшеницы по вариантам опыта варьировала от 3,84 до 4,13 т/га. На вариантах с внесением 20 т/га фосфогипса нейтрализованного относительно контроля была получена средняя прибавка урожайности в 1 %. На вариантах с внесением 5 и 15 т/га мелиоранта прибавка урожайности составила порядка 5 %. Максимальная средняя прибавка урожайности за 3 года выявлена на варианте с внесением 10 т/га мелиоранта, где она составила порядка 8 %.

Также нами была установлена значительная взаимосвязь изучаемого фактора с погодными условиями. Так, с показателями количества выпавших за вегетационный период осадков выявлена сильная положительная корреляционная связь (r = 0,92), а с показателями температуры воздуха — сильная отрицательная (r = –0,98).

4.4. Влияние фосфогипса нейтрализованного на качество зерна озимой пшеницы

Для повышения эффективности производства озимой пшеницы необходимо обеспечивать не только повышение количества произведённой продукции, но и её качества. Поэтому в сформированных образцах нами были определены показатели содержания белка, содержания клейковины и индекс деформации клейковины (ИДК). Данные параметры используются на территории Российской Федерации для оценки класса зерна мягких сортов озимой пшеницы в соответствии с ГОСТ 9353–2016 «Пшеница. Технические условия».

Содержание белка в зерне озимой пшеницы

От содержания белка в зерне озимой пшеницы зависит её как питательная ценность, так и рыночная. Показатель содержания белка выступает одним из критериев для определения классности зерна.

На данный показатель качества зерна озимой пшеницы значительное влияние может оказывать как агротехника её возделывания, так и погодные условия во время налива и созревания зерна. Также присутствует прямая зависимость содержания белка от содержания азота в зерне.

Достоверные результаты по влиянию на содержание белка в зерне озимой пшеницы получены в течение всего периода наблюдений, при этом в разрезе 3 лет наблюдений, показатели разнятся и не демонстрируют чёткой динамики. Данные по влиянию фосфогипса нейтрализованного на содержание белка в зерне озимой пшеницы представлены в таблице 22.

Таблица 22 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание белка в зерне озимой пшеницы, %

Варианты / показатели	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	10,5	–	10,7	–	15,6	–	12,3	–
2. ФГн 5 т/га	10,9	0,4	10,7	0,0	14,6	–1,0	12,1	–0,2
3. ФГн 10 т/га	11,5	1,0	10,3	–0,5	14,4	–1,2	12,1	–0,2
4. ФГн 15 т/га	9,5	–1,0	10,9	0,2	14,5	–1,1	11,6	–0,7
5. ФГн 20 т/га	11,1	0,6	11,0	0,3	14,3	–1,3	12,1	–0,2
НСР 05	0,8	–	0,5	–	0,8	–	0,6	–
F05	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	8,56	–	3,50	–	4,48	–	1,66	–
Sx%	2,42	–	1,40	–	1,74	–	0,39	–

В первый год после внесения фосфогипса нейтрализованного на чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом достоверное увеличение содержания белка выявлено на вариантах с расчётной дозой (10 т/га) мелиоранта, а снижение — на вариантах с внесением 15 т/га. В целом за год по вариантам опыта данный показатель варьировал от 9,5 до 11,5 %.

Во второй год наблюдений снижение содержания белка в зерне озимой пшеницы выявлено только на вариантах с внесением расчётной дозой (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного, и даже на них оно находилось на границе НСР. В целом за год данный показатель варьировал незначительно, от 10,3 до 10,7 %.

В 2024 г. среднее содержание белка по опыту было выше на 38 % чем за прошлые два года наблюдений, по вариантам опыта оно варьировало от 14,2 до 15,6 %. Вероятнее всего, разница с 2022–2023 гг. связана с изменением погодных условий в последний год наблюдений, так как в засушливых условиях формируется зерно с более высоким содержанием белка при

снижении общей урожайности. Корреляционный анализ установил сильную отрицательную связь (r = –0,95) с показателями выпавших осадков, а также сильную положительную (r = 0,95) с температурой воздуха. Кроме того, снижение содержания белка выявлено на вариантах с внесением фосфогипса нейтрализованного в дозах 5, 10 и 15 т/га, оно составило 1,0, 1,7 и 1,5 % соответственно.

Среднее за 3 года содержание белка в зерне озимой пшеницы по вариантам опыта варьировало от 11,6 до 12,3 %. Наименьшие средние значения данного показателя качества получены на вариантах с внесением 15 т/га фосфогипса нейтрализованного, где снижение относительно контроля составило 6 %. На вариантах с внесением 5, 10 и 20 т/га мелиоранта также выявлено снижение среднего содержания белка на 2 %.

Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы

Уровень клейковины является важным критерием для определения качества зерна озимой пшеницы, от него сильно зависят хлебопекарные качества получаемой муки. На данный показатель оказывают воздействие такие факторы, как погодные условия периода вегетации растений, оптимальные сроки уборки урожая, достаточная обеспеченность растений элементами питания, подверженность посевов болезням и вредителям.

При повышенной температуре воздуха с одновременным дефицитом осадков в зерне озимой пшеницы образуется более крепкая, упругая и соответственно менее растяжимая клейковина. Данный эффект особенно проявляется при засушливых условиях в период созревания зерна. В свою очередь избыточные погодные осадки в фазы восковой и полной спелости снижают количество клейковины в зерне озимой пшеницы.

За время наших исследований статистически достоверный результат по влиянию доз фосфогипса нейтрализованного на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы на чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом был получен только в первый год наблюдений (Таблица 23). Для 2023–2024 гг. фактическое значение критерия Фишера не превосходит теоретическое,

вследствие чего с помощью дисперсионного метода анализа закономерности в полученных данных проследить не удаётся.

Таблица 23 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы, %

Варианты / показатели	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	17,3	–	16,1	–	22,4	–	18,6	–
2. ФГн 5 т/га	16,5	–0,8	16,6	0,5	23,2	0,8	18,8	0,2
3. ФГн 10 т/га	17,6	0,3	16,0	–0,1	23,7	1,3	19,1	0,5
4. ФГн 15 т/га	15,5	–1,8	16,1	0,0	23,7	1,3	18,3	–0,3
5. ФГн 20 т/га	16,1	–1,2	16,8	0,7	26,2	3,8	18,8	0,2
НСР 05	1,2	–	0,7	–	3,1	–	1,3	–
F05	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	5,41	–	2,30	–	2,10	–	1,53	–
Sx%	2,27	–	1,37	–	4,14	–	0,52	–

В 2022 г. нами было выявлено достоверное снижение показателя содержания клейковины в зерне на вариантах с повышенными дозами (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного, где разница с контролем в меньшую сторону составила 1,8 и 1,2 % соответственно. За год данный показатель по вариантам опыта варьировал от 15,5 до 17,6 %.

В 2023 г. по результатам статистического анализа данных существенного эффекта от применения мелиоранта не выявлено. Значения содержания клейковины в зерне озимой пшеницы по вариантам варьировали от 16,0 до 16,8 %.

В 2024 г. прослеживается увеличение содержания клейковины в зерне озимой пшеницы в среднем по опыту относительно 2022–2023 гг. Это явление можно объяснить более засушливыми условиями за период вегетации растений

в данный год наблюдений, количество выпавших осадков было ниже среднемноголетнего уровня на 26 %, а температура воздуха выше на 4 ºС. Корреляционный анализ выявил сильную отрицательную связь (r = –0,96) изучаемого показателя с количеством выпавших за период вегетации осадков, а также сильную положительную связь (r = 0,95) с показателями температуры воздуха. С точки зрения статистики достоверной разницы между вариантами за 2024 г. установить не удалось.

Среднее за 3 года содержание клейковины в зерне озимой пшеницы по вариантам опыта варьировало от 18,3 до 19,1 %. Наименьшие средние значения данного показателя качества получены на вариантах с внесением 15 т/га фосфогипса нейтрализованного, где снижение относительно контроля составило 2 %. На вариантах с внесением 5 и 20 т/га мелиоранта увеличение среднего содержания клейковины равно 1 %. На вариантах с внесением расчётной дозы фосфогипса нейтрализованного увеличение составило 3 % относительно контроля.

Индекс деформации клейковины

Индекс деформации клейковины озимой пшеницы — это показатель, который характеризует такие её свойства, как упругость, растяжимость и эластичность. Определяют данный показатель на специализированных приборах, которые замеряют способность клейковины к сопротивлению при сжатии её между двумя плоскостями.

От индекса деформации клейковины зависит её прочность, для получения хороших хлебопекарных качеств данный показатель должен находиться в диапазоне от 45 до 85 ед. На этот показатель могут влиять погодно-климатические условия периода вегетации растений. Высокая температура и низкая влагообеспеченность способствуют образованию в зерне более крепкой, упругой и менее растяжимой клейковины.

Данные по влиянию фосфогипса нейтрализованного на индекс деформации клейковины зерна озимой пшеницы представлены в Таблице 24.

Таблица 24 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на индекс деформации клейковины зерна озимой пшеницы, ед.

Варианты / показатели	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	71,0	–	65,0	–	70,3	–	68,8	–
2. ФГн 5 т/га	72,3	1,3	73,3	8,3	68,3	–2,0	71,3	2,5
3. ФГн 10 т/га	72,3	1,3	70,3	5,3	69,0	–1,3	70,5	1,7
4. ФГн 15 т/га	72,3	1,3	70,0	5,0	70,0	–0,3	70,8	2,0
5. ФГн 20 т/га	71,3	0,3	67,7	2,7	69,7	–0,7	69,6	0,8
НСР 05	2,3	–	2,5	–	7,0	–	2,7	–
F05	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	0,77	–	15,66	–	0,13	–	1,38	–
Sx%	1,03	–	1,14	–	3,17	–	0,26	–

В первый год после внесения фосфогипса нейтрализованного существенных изменений в показателях индекса деформации клейковины зерна озимой пшеницы нами выявлено не было. Все полученные значения укладываются в НСР при фактическом значении критерия Фишера, равном 0,77. По вариантам опыта индекс деформации клейковины варьировал от 71,0 до 72,3 ед.

В 2023 г. на вариантах с внесением мелиоранта установлено достоверное увеличение индекса деформации клейковины в размере от 2,7 до 8,3 ед., что обратно пропорционально дозе вносимого фосфогипса нейтрализованного. В целом за год наблюдений данный показатель качества зерна варьировал от 65,0 до 73,3 ед.

В 2024 г. результат аналогичен результатам за первый год наблюдений, статистически значимого эффекта от внесения фосфогипса нейтрализованного не обнаружено. Индекс деформации клейковины по вариантам опыта варьировал от 68,3 до 70,3 ед. Корреляционный анализ выявил очень слабую

положительную связь (r = 0,16) изучаемого показателя с количеством выпавших за период вегетации осадков, а также умеренную отрицательную связь (r = –0,32) с показателями температуры воздуха.

Средний за 3 года индекс деформации клейковины в зерне озимой пшеницы по вариантам опыта варьировал от 68,8 до 71,3 ед. Наименьшие средние значения данного показателя получены на вариантах с внесением 20 т/га фосфогипса нейтрализованного, где увеличение относительно контроля составило 1 %. На вариантах с внесением 10 т/га мелиоранта увеличение индекса деформации клейковины равно 2 %. На вариантах с внесением 15 т/га фосфогипса нейтрализованного увеличение составило 3 %, а на вариантах с 5 т/га — 4 %.

Таким образом, по влиянию фосфогипса нейтрализованного на качество зерна озимой пшеницы при возделывании её на чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом можно сделать следующие выводы:

— среднее за 3 года содержание белка в зерне озимой пшеницы по вариантам опыта варьировало от 11,6 до 12,3 %. Наименьшие средние значения данного показателя качества получены на вариантах с внесением 15 т/га фосфогипса нейтрализованного, где снижение относительно контроля составило 6 %. На вариантах с внесением 5, 10 и 20 т/га мелиоранта также выявлено снижение среднего содержания белка на 2 %. Для показателей содержания белка в зерне озимой пшеницы корреляционный анализ установил сильную отрицательную связь (r = –0,95) с показателями выпавших осадков, а также сильную положительную (r = 0,95) с температурой воздуха;

— среднее за 3 года содержание клейковины в зерне озимой пшеницы по вариантам опыта варьировало от 18,3 до 19,1 %. Наименьшие средние значения данного показателя качества получены на вариантах с внесением 15 т/га фосфогипса нейтрализованного, где снижение относительно контроля составило 2 %. На вариантах с внесением 5 и 20 т/га мелиоранта увеличение среднего содержания клейковины равно 1 %. На вариантах с внесением расчётной дозы фосфогипса нейтрализованного увеличение составило 3 %

относительно контроля. Также для изучаемого показателя корреляционный анализ выявил сильную отрицательную связь (r = –0,96) с количеством выпавших за период вегетации осадков, а также сильную положительную связь (r = 0,95) с показателями температуры воздуха;

— средний за 3 года индекс деформации клейковины в зерне озимой пшеницы по вариантам опыта варьировал от 68,8 до 71,3 ед. Наименьшие средние значения данного показателя получены на вариантах с внесением 20 т/га фосфогипса нейтрализованного, где увеличение относительно контроля составило 1 %. На вариантах с внесением 10 т/га мелиоранта увеличение индекса деформации клейковины равняется 2 %. На вариантах с внесением 15 т/га фосфогипса нейтрализованного увеличение составило 3, а на вариантах с 5 т/га — 4 %. Корреляционный анализ выявил очень слабую положительную связь (r = 0,16) изучаемого показателя с количеством выпавших за период вегетации осадков, а также умеренную отрицательную связь (r = –0,32) с показателями температуры воздуха;

— для оценки классности полученного зерна озимой пшеницы следует использовать содержание клейковины как показатель с наименьшими значениями. В итоге в 2022–2023 гг. на всех вариантах опыта полученное зерно соответствует 5-му классу. В 2024 г. на контроле было получено зерно озимой пшеницы, соответствующее 4-му классу, а на вариантах с внесением фосфогипса нейтрализованного — 3-му классу (Приложение 6).

ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ ФОСФОГИПСА НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО НА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЁМА ОБЫКНОВЕННОГО СЛАБОСОЛОНЦЕВАТОГО И СОДЕРЖАНИЕ ТОКСИКАНТОВ В ЗЕРНЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

5.1. Влияние фосфогипса нейтрализованного на агроэкологические показатели чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого

Фосфогипс содержит в себе потенциально опасные для живых организмов элементы и вещества, поэтому его применение в сельском хозяйстве должно сопровождаться контролем за показателями экологической безопасности. К содержащимся в нём токсичным элементам относятся: фтор, стронций, кадмий, свинец, ртуть, мышьяк, цинк, медь, кобальт, никель и марганец (Локтионов М. Ю., Аканова Н. И., 2015).

При избыточном содержании токсикантов в почве происходит изменение активности ферментов, ингибирование роста корней, торможение роста и нарушение фотосинтеза растений, снижение их продуктивности. При этом важно не само наличие токсичных элементов, а их концентрация, которая влияет на доступность для растений основных элементов питания.

Для контроля за содержанием потенциально опасных веществ одновременно с агрохимическим мы проводили и агроэкологический анализ образцов почвы в течение 3 лет исследований. В отобранных образцах для слоёв почвы 0–20 и 20–40 см было определено содержание следующих токсикантов: стронция стабильного, кадмия, свинца, ртути и мышьяка. Стронций и кадмий относят ко второму классу опасности, а свинец, ртуть и мышьяк — к первому. Данные элементы внесены в перечень обязательных показателей при проведении экологотоксикологического обследования в рамках государственной системы мониторинга почв.

ПДК/ОДК для содержания кадмия, свинца, ртути и мышьяка в почве взяты из СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к

обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Из перечня нами выбран показатель для нейтральных и близких к нейтральным, суглинистых и глинистых почв.

Стабильный стронций в почве

Из исследованных нами токсикантов самым потенциально опасным для человека при использовании фосфогипса является стронций. По своим геохимическим свойствам он похож на кальций и является его спутником по водной миграции.

Анализ научных публикаций говорит о том, что последствий для человека и животных от дефицита стронция не выявлено. В то же время его избыток приводит к развитию болезней. Так, поступающий в организм с пищей или питьевой водой стронций может спровоцировать развитие таких болезней, как «стронциевый рахит» и «уровская болезнь», для которых характерно нарушение обмена кальцием и повышение ломкости костей.

Даже в условиях одного региона возможно существенное варьирование содержания стронция в почве. При этом обычно количество его валовых форм увеличивается вглубь почвенного профиля (Любимова И. Н., Борисочкина Т. И., 2007).

Основными источниками поступления стронция в агроценозы являются удобрения и мелиоранты. Так, фосфогипс в зависимости от сырья, из которого он произведён, может содержать в своём составе до 3,5 % стронция. Именно поэтому экологический надзор за внесением данного мелиоранта так необходим.

Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание стронция стабильного в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом представлено в Таблице 25.

В нашем исследовании существенного увеличения содержания стронция стабильного в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом в зависимости от применяемых доз фосфогипса нейтрализованного не выявлено.

На протяжении всего периода исследований фактическое значение *F*-критерия не превосходило теоретическое.

Таблица 25 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание стронция стабильного в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом, мг/кг

Варианты / показатели	Глубина взятия обр., см	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
		Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	0–20	101	–	131	–	107	–	113	–
	20–40	97	–	114	–	116	–	109	–
2. ФГн 5 т/га	0–20	119	18	149	18	112	5	127	14
	20–40	125	28	128	14	109	–7	121	12
3. ФГн 10 т/га	0–20	107	6	153	22	124	17	128	15
	20–40	104	7	118	4	125	9	116	7
4. ФГн 15 т/га	0–20	109	8	117	–14	124	17	117	4
	20–40	107	10	126	12	115	–1	121	12
5. ФГн 20 т/га	0–20	153	52	121	–10	122	15	132	19
	20–40	144	47	106	–8	118	2	112	3
НСР 05	0–20	18	–	42	–	16	–	16	–
	20–40	39	–	21	–	13	–	17	–
F05	0–20	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
	20–40	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	0–20	1,33	–	1,48	–	1,83	–	1,68	–
	20–40	2,46	–	1,94	–	2,19	–	2,26	–
Sx%	0–20	5,33	–	9,85	–	4,39	–	0,76	–
	20–40	10,86	–	5,53	–	3,54	–	0,90	–

**Верхний безвредный предел составляет 600 мг/кг (Минеев В. Г., 2013; Ягодин Б. А., Жуков Ю. П., Кобзаренко В. И., 2023).*

В первый год после внесения в пахотном слое почвы содержание стабильного стронция варьировало от 101 до 153, в подпахотном — от 97 до 144 мг/кг. Хоть в варианте с внесением 20 т/га фосфогипса нейтрализованного отличие данного показателя с контролем превосходит НСР, но эта разница нивелируется значением *F*-критерия. Следовательно, статистически о значимом увеличении показателя содержания стабильного стронция говорить нельзя.

На второй год исследований содержание стабильного стронция по исследованным слоям почвы находилось в интервалах 117–153 и 106–128 мг/кг. Разница по всем вариантам опыта укладывается в значение НСР. Похожий результат получен и для третьего года наблюдений, где интервалы составили 107–124 и 109–125 мг/кг соответственно.

В среднем за 3 года содержание стабильного стронция в пахотном слое было следующим: наибольший показатель выявлен при внесении 20 т/га фосфогипса нейтрализованного — 132 мг/кг. Затем идут варианты с внесением 10 и 5 т/га мелиоранта — на них содержание данного элемента составило 127 и 128 мг/кг. Меньше всего из вариантов с внесением фосфогипса нейтрализованного содержание стабильного стронция выявлено при внесении 15 т/га — 121 мг/кг. Для подпахотного слоя были получены следующие результаты: больше всего стабильного стронция выявлено на вариантах с внесением 5 и 15 т/га мелиоранта — 121 мг/кг. На вариантах с внесением 10 т/га содержание данного элемента составило 116 мг/кг. Наименьшее содержание стабильного стронция выявлено на вариантах с внесением 20 т/га фосфогипса нейтрализованного, оно составило 112 мг/кг. Учитывая тот факт, что в течение всех трёх лет наблюдений статистической разницы между вариантами не наблюдалось, считаем, что выявить тенденции по содержанию данного элемента в почве не представляется возможным.

ПДК для стабильного стронция в почве не установлена, для оценки безопасности его содержания принято использовать верхний безвредный предел в 600 мг/кг. За период наших наблюдений с 2022 по 2024 г. содержание стабильного стронция в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом находилось в диапазоне 16–25 % от безвредного предела. Таким образом, угрозы загрязнения почвы стабильным стронцием не выявлено.

Кадмий в почве

Вторым по опасности среди исследованных токсикантов является кадмий. Этот тяжёлый металл довольно редкий по своему распространению в природе, поэтому существенных знаний о его биогеохимическом цикле и миграционных

способностях накоплено мало. Природное содержание кадмия в почве в основном зависит от свойств почвообразующей породы.

Кадмий обладает высокой фитотоксичностью и подвижностью в почве (при низком pH), способен образовывать многочисленные комплексы с органическим веществом почвы (Небольсин А. Н., Небольсина З. П., Алексеев Ю. В. и др., 2004). Опасность данный элемент представляет из-за своей биохимической близости к цинку.

В почву кадмий может попадать вместе с вносимыми удобрениями (особенно фосфорными) и мелиорантами, при сжигании автомобильного топлива, а также после промышленных выбросов и при утилизации отходов путём их сжигания. Отдельной проблемой для сельского хозяйства является то, что он способен долго сохраняться в почве. Большая часть от поступившего в почву кадмия оказывается связана почвенными комплексами, которые в свою очередь доступны для усвоения растениям. В растениях данный токсикант концентрируется преимущественно в корневой системе и в меньшей степени в вегетативной части.

Токсичность кадмия для растений проявляется в снижении интенсивности процессов фотосинтеза, нарушении транспирации и фиксации углекислого газа, изменении проницаемости клеточных мембран. Данные по влиянию фосфогипса нейтрализованного на содержание кадмия в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом представлены в Таблице 26.

Наши исследования возможного загрязнения почвы кадмием при внесении фосфогипса нейтрализованного установили, что в первый год после внесения мелиоранта содержание данного тяжёлого металла в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом на всех вариантах опыта не превышало значения ПДК. Для пахотного слоя почвы диапазон значений составил от 0,11 до 0,18, для подпахотного — от 0,09 до 0,17 мг/кг. Статистическая обработка данных не установила какой-либо закономерности по влиянию доз фосфогипса нейтрализованного на данный агроэкологический показатель почвы, разница между контролем не превышала НСР.

Таблица 26 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание кадмия в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом, мг/кг

Варианты / показатели	Глубина взятия обр., см	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
		Зна-чение	Δ±	Зна-чени е	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	0–20	0,11	–	0,13	–	0,12	–	0,12	–
	20–40	0,12	–	0,15	–	0,17	–	0,15	–
2. ФГн 5 т/га	0–20	0,18	0,07	0,15	0,02	0,16	0,04	0,16	0,04
	20–40	0,17	0,05	0,17	0,02	0,14	–0,02	0,16	0,01
3. ФГн 10 т/га	0–20	0,12	0,01	0,16	0,03	0,19	0,06	0,16	0,04
	20–40	0,09	–0,03	0,15	0,00	0,17	0,00	0,14	–0,01
4. ФГн 15 т/га	0–20	0,14	0,03	0,14	0,01	0,14	0,02	0,14	0,02
	20–40	0,15	0,03	0,15	0,00	0,14	–0,02	0,15	0,00
5. ФГн 20 т/га	0–20	0,14	0,03	0,16	0,03	0,16	0,04	0,15	0,03
	20–40	0,11	–0,01	0,18	0,03	0,17	0,00	0,15	0,00
НСР 05	0–20	0,08	–	0,04	–	0,05	–	0,03	–
	20–40	0,08	–	0,06	–	0,07	–	0,04	–
F05	0–20	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
	20–40	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	0–20	1,10	–	0,93	–	2,34	–	2,82	–
	20–40	1,25	–	0,53	–	0,34	–	0,48	–
Sx%	0–20	18,17	–	9,29	–	10,12	–	1,47	–
	20–40	21,16	–	11,87	–	13,85	–	1,49	–

**ОДК для содержания кадмия в почве составляет 2,0 мг/кг.*

Исследования на второй год повторили результаты предыдущего наблюдения. Главное отличие от 2022 г. в том, что несколько уменьшились диапазоны значений токсиканта — от 0,13 до 0,16 мг/кг для пахотного слоя почвы и от 0,15 до 0,18 мг/кг для подпахотного. Данные статистической обработки повторяют показатели за первый год.

В 2024 г. в пахотном слое почвы на варианте с внесением расчётной дозы (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного зафиксирована разница с контролем, превосходящая значение НСР. Однако данный результат нивелируется фактическим значением *F*-критерия, которое не превосходило значение теоретического. В этом случае считаем, что повышение могло быть вызвано воздействием внешнего фактора, а не влиянием исследуемого мелиоранта.

В среднем же за 3 года исследований содержание кадмия в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом составляло от 0,12 до 0,16 мг/кг для слоя 0–20 см и от 0,14 до 0,16 мг/кг для слоя 20–40 см. Отсутствие статистически достоверной разницы между вариантами опыта не позволяет определить тенденции в содержании данного элемента в почве в зависимости от применяемых доз фосфогипса нейтрализованного.

Максимальное выявленное значение содержания данного элемента по вариантам не превысило 10 % от ПДК, экологической угрозы применение фосфогипса нейтрализованного даже в повышенных дозах не представляет.

Свинец в почве

Свинец всегда присутствует в почве в небольших количествах, так как он является естественной частью земной коры. В основном угроза загрязнения почвы данным токсикантом исходит от близлежащих объектов промышленности, применения средств химизации земледелия и продуктов работы двигателей внутреннего сгорания.

В вовлечённых в сельскохозяйственный оборот почвах содержание свинца может варьировать от 0,5 от 1000 мг/кг. При избыточном содержании данного токсиканта происходит связывание питательных веществ в недоступные для растений формы, из-за этого замедляется круговорот фосфора и снижается плодородие почвы (Рябчиков А. М., Солнцев В. Н., Горшков С. П. и др., 1980).

В организм человека свинец может поступать из почвы через сельскохозяйственные культуры. Данный тяжёлый металл попадает в растения через корни и накапливается в тканях. Также промежуточным звеном в этой цепочке могут быть и сельскохозяйственные животные, мясо которых включается в рацион человека. Данные по влиянию фосфогипса нейтрализованного на содержание свинца в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом представлены в Таблице 27.

В первый год после внесения на вариантах с применением фосфогипса нейтрализованного содержание свинца в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом было ниже, чем на контроле. Хоть данное снижение

и превышало показатель НСР, но анализ данных по *F*-критерию не позволяет говорить о его достоверности. Максимальное значение содержания данного тяжёлого металла в 2022 г. выявлено на контрольных вариантах в пахотном слое почв, его величина составила 11 % от уровня ПДК.

Таблица 27 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание свинца в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом, мг/кг

Варианты / показатели	Глубина взятия обр., см	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
		Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	0–20	14,03	–	16,26	–	17,48	–	15,92	–
	20–40	12,37	–	15,35	–	16,83	–	14,85	–
2. ФГн 5 т/га	0–20	11,43	–2,60	15,19	–1,07	14,59	–2,89	13,74	–2,18
	20–40	12,16	–0,21	15,78	0,43	12,95	–3,88	13,63	–1,22
3. ФГн 10 т/га	0–20	10,78	–3,25	16,49	0,23	14,64	–2,84	13,97	–1,95
	20–40	10,55	–1,82	16,71	1,36	14,54	–2,29	13,63	–1,22
4. ФГн 15 т/га	0–20	11,85	–2,18	18,19	1,93	13,99	–3,49	14,68	–1,24
	20–40	11,04	–1,33	14,65	–0,70	13,78	–3,05	13,16	–1,69
5. ФГн 20 т/га	0–20	11,10	–2,93	15,60	–0,66	13,88	–3,60	13,53	–2,39
	20–40	10,32	–2,05	19,12	3,77	12,45	–4,37	13,96	–0,89
НСР 05	0–20	2,82	–	3,75	–	3,78	–	1,95	–
	20–40	1,96	–	4,27	–	2,15	–	2,03	–
F05	0–20	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
	20–40	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	0–20	2,07	–	0,94	–	1,51	–	2,47	–
	20–40	2,24	–	1,64	–	6,31	–	0,93	–
Sx%	0–20	7,55	–	7,28	–	8,04	–	0,71	–
	20–40	5,51	–	8,30	–	4,84	–	0,78	–

**ОДК для содержания свинца в почве составляет 130,0 мг/кг.*

На второй год внесения разница между вариантами укладывалась в значение НСР. Так же, как и в первый год, фактическая величина *F*-критерия не превышала величины теоретической, следовательно, достоверного влияния на исследуемый фактор не выявлено. Максимум по содержанию свинца в 2023 г. был зафиксирован на вариантах с повышенной дозой (20 т/га)

фосфогипса нейтрализованного в подпахотном слое почвы. Данное значение составило 15 % от ПДК и является безопасным.

На третий год исследований результаты статистической обработки позволяют говорить о снижении содержания свинца в подпахотном слое почвы. Данное снижение относительно контроля составило от 2,29 до 4,37 мг/кг. Больше всего свинца, как и в 2022 г., содержалось в пахотном слое на контрольном варианте. Это значение составило 13 % от ПДК.

В целом же за период наблюдений чёткой закономерности влияния фосфогипса нейтрализованного на содержание свинца в почве не прослеживается. В среднем за 3 года содержание свинца в почве составляло от 13,53 до 15,92 мг/кг для слоя 0–20 см и от 13,16 до 14,85 мг/кг для слоя 20–40 см. Результаты по всем вариантам укладываются в экологические нормы и не превышают ПДК.

Ртуть в почве

Ртуть является представителем тяжёлых металлов. По степени опасности она соответствует 1-му классу, поэтому требуется постоянное наблюдение за окружающей средой для предотвращения случаев ртутного загрязнения. В почве помимо элементарной формы присутствуют неорганические и органические соединения ртути. Неорганические формы представлены подвижными, оксидными и сульфидными формами.

Чаще всего избыточное содержание ртути в почвах вызвано производственной деятельностью человека. Концентрация ртути, как правило, снижается с глубиной почвенного профиля. С ростом pH почвы происходит снижение количества растворённой ртути за счёт её связывания с органическим веществом (Александрович Б. В., Дмитриевич Л. Е., Низовцев А. Н., 2013; Удоденко Ю. Г., 2014).

В почву ртуть может поступать в избыточном количестве при бесконтрольном использовании средств защиты растений. При этом она может распределяться неравномерно, что приводит к высокой пестроте содержания данного токсиканта в почве. Также степень её угрозы и наносимый ущерб зависят от

гранулометрического состава, реакции pH и процента содержания карбонатов в почве.

В человеческий организм ртуть может поступать через пищевые продукты, вызывая при этом проблемы с пищеварительной, нервной и иммунной системами, а также поражая лёгкие и почки. Из-за своих свойств ртуть в организме человека может выступать аналогом железа, образуя прочные химические связи. Данное воздействие приводит к развитию ряда патологических нарушений. Данные по влиянию фосфогипса нейтрализованного на содержание ртути в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом представлены в Таблице 28.

В первый год после внесения фосфогипса нейтрализованного значимых изменений по содержанию ртути в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом не произошло. Разница между вариантами находилась в пределах значения НСР, фактическое значение *F*-критерия не превышало значения теоретического. Максимальное содержание ртути выявлено на вариантах с повышенной дозой (15 т/га) фосфогипса нейтрализованного, где его значение составило 1,2 % от ПДК.

Во второй год исследований выявлено достоверное увеличение содержания ртути в почве на вариантах с расчётной (10 т/га) и повышенными (15 и 20 т/га) дозами фосфогипса нейтрализованного. Увеличение составило от 0,010 до 0,012 мг/кг для пахотного слоя и от 0,008 до 0,010 мг/кг для подпахотного. При этом данное повышение угрозы для экологии не представляет, максимальное значение составило лишь 1,8 % от ПДК.

На третий год наблюдений повторилась ситуация, аналогичная 2022 г. Максимальное значение показателя выявлено на вариантах с повышенной дозой фосфогипса нейтрализованного (15 т/га) и составило 1,8 %.

В среднем за 3 года содержание ртути в почве составляло от 0,024 до 0,033 мг/кг для слоя 0–20 см и от 0,024 до 0,032 мг/кг для слоя 20–40 см. Вместе с тем даже в своих пиковых значениях данный агроэкологический показатель составлял не более 2 % от ПДК, что подтверждает безопасность внесённых доз

фосфогипса нейтрализованного на чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом.

Таблица 28 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание ртути в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом, мг/кг

Варианты / показатели	Глубина взятия обр., см	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
		Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	0–20	0,024	–	0,026	–	0,028	–	0,026	–
	20–40	0,026	–	0,025	–	0,029	–	0,027	–
2. ФГн 5 т/га	0–20	0,018	–0,006	0,024	–0,002	0,029	0,001	0,024	–0,002
	20–40	0,019	–0,007	0,025	0,000	0,029	0,000	0,024	–0,003
3. ФГн 10 т/га	0–20	0,022	–0,002	0,037	0,011	0,032	0,004	0,030	0,004
	20–40	0,021	–0,005	0,035	0,010	0,033	0,004	0,030	0,003
4. ФГн 15 т/га	0–20	0,026	0,002	0,038	0,012	0,036	0,008	0,033	0,007
	20–40	0,026	0,000	0,033	0,008	0,037	0,008	0,032	0,005
5. ФГн 20 т/га	0–20	0,023	–0,001	0,036	0,010	0,032	0,004	0,030	0,004
	20–40	0,024	–0,002	0,033	0,008	0,033	0,004	0,030	0,003
НСР 05	0–20	0,007	–	0,009	–	0,006	–	0,005	–
	20–40	0,010	–	0,006	–	0,006	–	0,005	–
F05	0–20	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
	20–40	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	0–20	1,58	–	5,92	–	2,43	–	7,20	–
	20–40	0,81	–	6,34	–	2,53	–	3,83	–
Sx%	0–20	9,81	–	8,89	–	6,53	–	1,00	–
	20–40	14,06	–	6,57	–	6,35	–	0,99	–

**ПДК для содержания ртути в почве составляет 2,1 мг/кг.*

Мышьяк в почве

Мышьяк является одним элементов, которые представляют высокую степень опасности для здоровья человека и животных, именно поэтому контроль его содержания в окружающей среде очень важен. В почву мышьяк, как правило, поступает из различных агрохимикатов, шахтных вод, отходов металлургических предприятий и сельскохозяйственных дренажных вод.

Фоновое содержание мышьяка в чернозёмных почвах может составлять до 5,6 мг/кг, а в Европейской части России с атмосферными осадками в среднем выпадает порядка 6,4–11 г/га. Подвижность мышьяка сильнее всего проявляется

в нейтральных и щелочных почвах (Путилина В. С., Галицкая И. В., Юганова Т. И., 2011; Кабата-Пендиас А., 1989).

Опасность мышьяка для сельского хозяйства кроется в его поведении в почве. При попадании в неё мышьяк может закрепляться на минеральных частицах, после чего в условиях достаточной увлажнённости поступает в почвенный раствор. В таком состоянии он легко усваивается растениями через корневую систему. Для почв Ставрополья ещё важен тот факт, что при росте щёлочности почвы возрастает и подвижность мышьяка. Данные по влиянию фосфогипса нейтрализованного на содержание мышьяка в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом представлены в Таблице 29.

По уровню токсичности мышьяк относят к 1-му классу опасности. Интоксикация человеческого организма мышьяком чревата развитием онкологических заболеваний, проблемами с сердечно-сосудистой системой, увеличением риска заболевания диабетом.

Внесение фосфогипса нейтрализованного в первые два года наблюдений привело к достоверному снижению содержания мышьяка в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом. В 2022 г. снижение данного агроэкологического показателя в слое 0–40 см составило от 0,40 до 0,60 мг/кг, в 2023 г. — от 0,54 до 2,34 мг/кг. Исключение в 2022 г. составили варианты с повышенными дозой (15 т/га) фосфогипса нейтрализованного, где в слое 0–20 см показатель содержания мышьяка не отличается от контроля.

В 2024 г. со статистической точки зрения варианты от контроля не отличались. В пахотном слое почвы показатели варьировали от 2,83 до 3,23 мг/кг, в подпахотном — от 2,63 до 2,97 мг/кг. Величина разницы между вариантами опыта укладывается в значение НСР.

Если говорить о средних значениях за 3 года, то снижение содержания мышьяка варьировало для пахотного слоя почвы в диапазоне от 0,50 до 1,05 мг/кг, для подпахотного — от 0,40 до 0,89 мг/кг. Для пахотного горизонта почвы выявлены следующие результаты: относительно контроля максимальное снижение содержания мышьяка произошло на вариантах с внесением 20 т/га

фосфогипса нейтрализованного, где оно составило порядка 30 %. На втором месте по эффективности расположились вариант с внесением 10 и 15 т/га — снижение составило 17 %. Наименьший эффект получен при внесении 5 т/га мелиоранта, на этих вариантах опыта снижение составило 14 %.

Таблица 29 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание мышьяка в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом, мг/кг

Варианты / показатели	Глубина взятия обр., см	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
		Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	0–20	3,12	–	4,17	–	3,23	–	3,51	–
	20–40	3,03	–	4,07	–	2,70	–	3,27	–
2. ФГн 5 т/га	0–20	2,54	–0,58	3,63	–0,54	2,87	–0,37	3,01	–0,50
	20–40	2,46	–0,57	3,53	–0,54	2,63	–0,07	2,87	–0,40
3. ФГн 10 т/га	0–20	2,66	–0,46	3,10	–1,07	2,93	–0,30	2,90	–0,61
	20–40	2,43	–0,60	3,00	–1,07	2,97	0,27	2,80	–0,47
4. ФГн 15 т/га	0–20	3,15	0,03	2,73	–1,44	2,90	–0,33	2,93	–0,58
	20–40	2,61	–0,42	2,73	–1,34	2,80	0,10	2,71	–0,56
5. ФГн 20 т/га	0–20	2,72	–0,40	1,83	–2,34	2,83	–0,40	2,46	–1,05
	20–40	2,51	–0,52	1,83	–2,24	2,80	0,10	2,38	–0,89
НСР 05	0–20	0,24	–	0,51	–	0,41	–	0,45	–
	20–40	0,14	–	0,63	–	0,37	–	0,46	–
F05	0–20	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
	20–40	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	0–20	13,18	–	30,03	–	1,55	–	6,94	–
	20–40	5,93	–	17,73	–	3,62	–	3,63	–
Sx%	0–20	2,71	–	5,24	–	4,38	–	0,85	–
	20–40	1,79	–	6,61	–	4,26	–	0,88	–

**ОДК для содержания мышьяка в почве составляет 10,0 мг/кг.*

Для подпахотного горизонта снижение содержания мышьяка прямо пропорционально дозе внесённого фосфогипса нейтрализованного: максимальное снижение содержания мышьяка на вариантах с внесением 20 т/га фосфогипса нейтрализованного — 27 %. Второе по эффективности на вариантах с 15 т/га мелиоранта — 17 %. На третьем месте варианты с внесением 10 т/га фосфогипса нейтрализованного — 17 %, на четвёртом с 5 т/га — 12 %.

В качестве причин снижения содержания мышьяка в почве рассматриваем 2 фактора. Фактор первый — использование извести для нейтрализации фосфогипса, которая снижает подвижность данного токсиканта в почве. Фактор второй — снижение реакции pH почвы после внесение мелиоранта. Доступность мышьяка растёт вместе с ростом значений реакции pH, в нашем эксперименте достигнут обратный эффект. Так, для для пахотного слоя почвы выявлена средняя прямая корреляционная связь (r = 0,39) между содержанием мышьяка и реакцией pH почвы, а для подпахотного слоя — слабая прямая (r = 0,07). То есть снижение одного показателя сопровождается снижением второго.

На всех вариантах опыта показатели укладываются в экологические нормы. По данным исследования можно рассмотреть возможность использования фосфогипса нейтрализованного для целей рекультивации загрязнённых мышьяком почв.

Таким образом, по результатам исследования влияния фосфогипса нейтрализованного на агроэкологические свойства чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого нами сделаны следующие выводы:

— внесённые дозы фосфогипса нейтрализованного не привели к статистически достоверному изменению содержания стабильного стронция в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом. Средние значения показателя за 3 года наблюдений для пахотного слоя почвы варьировали от 113 до 132 мг/кг и от 109 до 121 мг/кг для подпахотного. Максимальное значение содержания данного тяжёлого металла не превышало 26 % от рекомендованного безвредного предела;

— внесённые дозы фосфогипса нейтрализованного не привели к статистически достоверному изменению содержания кадмия в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом. Средние значения показателя за 3 года наблюдений для пахотного слоя почвы варьировали от 0,12 до 0,16 мг/кг и от 0,14 до 0,16 мг/кг для подпахотного. Максимальное выявленное значение содержания данного элемента по вариантам не превысило 10 % процентов от ПДК;

— внесённые дозы фосфогипса нейтрализованного на третий год наблюдений привели к достоверному снижению содержания свинца в подпахотном слое почвы. Данное снижение относительно контроля составило от 2,29 до 4,37 мг/кг. Средние значения показателя за 3 года наблюдений для пахотного слоя почвы варьировали 13,53 до 15,92 мг/кг и от 13,16 до 14,85 мг/кг для подпахотного. В целом за период наблюдений воздействие мелиоранта можно оценить как незначительное. Максимальное выявленное значение содержания данного элемента по вариантам не превысило 15 % процентов от ПДК;

— внесённые дозы фосфогипса нейтрализованного на второй год наблюдений привели к достоверному увеличению содержания ртути в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом. Увеличение показателя произошло на вариантах с расчётной (10 т/га) и повышенными (15 и 20 т/га) дозами фосфогипса нейтрализованного и составило от 0,010 до 0,012 мг/кг для пахотного слоя почвы и от 0,008 до 0,010 мг/кг для подпахотного. По полученным данным выявить тенденции по влиянию на содержание данного токсиканта в почве не представляется возможным. Максимальное выявленное значение содержания данного элемента по вариантам не превысило 2 % процентов от ПДК;

— внесённые дозы фосфогипса нейтрализованного за период наблюдений привели к существенному снижению содержания мышьяка в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом. Снижение для пахотного слоя почвы составляло 14—30 %. Для подпахотного снижение составило 12—27 %, и оно прямо пропорционально дозе вносимого фосфогипса нейтрализованного. Максимальное выявленное значение содержания данного элемента по вариантам не превысило 42 % процентов от ПДК, угрозы для экологии не выявлено.

5.2. Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание токсикантов в зерне озимой пшеницы

При использовании в сельскохозяйственном производстве минеральных удобрений, средств защиты растений и мелиорантов необходимо с полной ответственностью относиться к вопросу экологической безопасности. Многие опасные для здоровья элементы и вещества очень мобильны, высока вероятность их транслокации из агрохимикатов в организм человека. Именно поэтому как на территории Российской Федерации, так и за рубежом введено множество стандартов, которые регулируют содержание токсикантов в сельскохозяйственной продукции.

При этом существует угроза не только для здоровья человека, но и непосредственно для сельскохозяйственного производства. При попадании в растения озимой пшеницы токсиканты могут нарушать нормальный обмен веществ и оказывать сильное воздействие на поступление микроэлементов в растительные ткани.

Анализ научных публикаций по данной теме выявил, что содержание в зерне озимой пшеницы токсикантов во многом зависит от их количества в почве. Поэтому, кроме почвенных образцов, нами были сформированы и образцы зерна озимой пшеницы. В ходе лабораторного анализа было определено содержание стабильного стронция, кадмия, свинца и мышьяка.

На территории Российской Федерации для зерна озимой пшеницы предельно допустимые концентрации кадмия, свинца и мышьяка установлены техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности зерна» (ТР ТС 015/2011).

Стабильный стронций в зерне озимой пшеницы

Накопление стронция в растениях напрямую зависит от его содержания и соотношения с кальцием в почве. Данные элементы являются друг для друга антагонистами, при высоком содержании кальция снижается накопление стронция. Анализ научных работ других авторов по применению фосфогипса в

сельском хозяйстве свидетельствует об увеличении содержания стабильного стронция в растениях после внесения мелиоранта. Рост данного показателя, как правило, прямо пропорционален внесённой дозе фосфогипса.

При этом не всегда это может означать, что содержание данного элемента представляет опасность. Ведущую роль в данном вопросе играет соотношение Ca/Sr, для которого минимально безопасным принято соотношение 140/1. Так, в опытах на территории Казахстана при внесении доз фосфогипса от 2 до 10 т/га содержание стронция выросло, но за счёт его соотношения с кальцием продукция всё равно была признана безопасной (Окорков В. В., 2002).

Данные по влиянию фосфогипса нейтрализованного на содержание стабильного стронция в зерне озимой пшеницы представлены в таблице 30.

В первый год после внесения мелиоранта на нашем опыте достоверное увеличение содержания стабильного стронция выявлено в зерне озимой пшеницы на вариантах с внесением 15 т/га фосфогипса нейтрализованного. Хоть увеличение и составило 1,01 мг/кг, но угрозы для безопасности продукции не представляет. Так, самое низкое по делянкам опыта соотношение с кальцием (Ca/Sr) равнялось 169/1 (Приложение 7). Данное соотношение является и минимальном для всего 2022 г., а значит продукция по содержанию исследуемого токсиканта безопасна. В целом же по опыту содержание стабильного стронция в зерне озимой пшеницы находилось в диапазоне от 1,07 до 2,08 мг/кг.

На второй год наблюдений выросло как общее содержание стабильного стронция в зерне озимой пшеницы, так и выявлено достоверное увеличение на вариантах с применением расчётной (10 т/га) и повышенных (15 и 20 т/га) доз фосфогипса нейтрализованного. Данное увеличение составило от 0,51 до 0,79 мг/кг, максимальный результат достигнут на вариантах с 10 т/га фосфогипса нейтрализованного. При этом минимальное соотношение стабильного стронция и кальция (Ca/Sr) по делянкам эксперимента составило 175/1. В целом за 2023 г. содержание стабильного стронция в зерне озимой

пшеницы по вариантам опыта находилось в диапазоне от 2,13 до 2,92 мг/кг. Угрозы для экологической безопасности не выявлено.

Таблица 30 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание стабильного стронция в зерне озимой пшеницы, мг/кг

Вариант/показатель	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	1,07	–	2,13	–	2,13	–	1,78	–
2. ФГн 5 т/га	1,55	0,48	2,26	0,12	2,05	–0,09	1,95	0,18
3. ФГн 10 т/га	1,07	0,00	2,92	0,79	2,67	0,53	2,22	0,44
4. ФГн 15 т/га	2,08	1,01	2,65	0,51	2,64	0,51	2,45	0,68
5. ФГн 20 т/га	1,33	0,26	2,79	0,66	2,80	0,67	2,31	0,53
$НСР_{05}$	0,55	–	0,37	–	0,45	–	0,34	–
F_{05}	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
$F_ф$	5,77	–	8,37	–	5,82	–	6,48	–
S_x, %	12,35	–	4,63	–	5,79	–	0,82	–

Данные за третий год исследований аналогичны данным за 2023 г. Увеличение содержания стабильного стронция в зерне озимой пшеницы также выявлено на вариантах с применением расчётной (10 т/га) и повышенных доз (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного. Диапазон данного увеличения составил 0,51 до 0,67 мг/кг. По делянкам опыта минимальное соотношение с кальцием (Ca/Sr) составило 247/1, что подтверждает безопасность полученной сельскохозяйственной продукции. В целом за 2023 г. содержание стабильного стронция в зерне озимой пшеницы по вариантам опыта находилось в диапазоне от 2,13 до 2,80 мг/кг.

Среднее за 3 года наблюдений содержание стабильного стронция в зерне озимой пшеницы на вариантах с внесением фосфогипса нейтрализованного варьировало от 1,78 до 2,45 мг/кг. Максимальное увеличение исследуемого

показателя выявлено на вариантах с повышенными дозами (20 и 15 т/га) мелиоранта, где увеличение относительно контроля составило 30–38 %. На вариантах с расчётной дозой фосфогипса нейтрализованного увеличение составило 25 %, а на вариантах с внесением 5 т/га — 10 %.

Если оценивать соотношение стронция и кальция (Ca/Sr) в среднем за 3 года, то минимальное выявленное значение составляет 233/1. Таким образом, опасной тенденции по загрязнению зерна озимой пшеницы стабильным стронцием за период наблюдений нами не установлено.

Кадмий в зерне озимой пшеницы

Кадмий способен накапливаться в сельскохозяйственной продукции и затем в организме человека. Впервые задокументированное отравление организма человека кадмием было зафиксировано в 1946 г. на территории Японии. Последующие исследования установили, что на загрязнённых почвах пшеница способна его накапливать порядка 0,081–0,108 мг/кг, в то время как на незагрязненных это значение варьирует в пределах 0,029–0,052 мг/кг (Любимова И. Н., Борисочкина Т. И., 2007).

При попадании в растения озимой пшеницы кадмий негативно влияет на активность ферментов, нарушает процессы фотосинтеза и транспирации, ухудшает метаболизм и поступление некоторых элементов питания. Высокое содержание кадмия в почве способно затормаживать рост проростков озимой пшеницы.

Загрязнение кадмием растений озимой пшеницы может привести к уменьшению площади листовой пластинки, нарушению водного обмена, снижению интенсивности дыхания и провоцировать хлороз листьев. При концентрациях, превышающих безопасные, в клетках и тканях растений происходят необратимые структурные и функциональные нарушения, вследствие чего их рост и развитие прекращаются, что во многих случаях приводит к гибели.

Данные по влиянию фосфогипса нейтрализованного на содержание кадмия в зерне озимой пшеницы представлены в таблице 31.

Таблица 31 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание кадмия в зерне озимой пшеницы, мг/кг

Вариант / показатель	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±	Зна-чение	Δ±
1. Контроль	0,04	–	0,04	–	0,04	–	0,04	–
2. ФГн 5 т/га	0,03	–0,01	0,02	–0,02	0,02	–0,02	0,02	–0,02
3. ФГн 10 т/га	0,04	–0,01	0,03	–0,01	0,02	–0,02	0,03	–0,01
4. ФГн 15 т/га	0,04	0,00	0,03	–0,01	0,02	–0,02	0,03	–0,01
5. ФГн 20 т/га	0,03	–0,01	0,02	–0,02	0,03	–0,01	0,03	–0,01
$НСР_{05}$	0,02	–	0,01	–	0,02	–	0,01	–
F_{05}	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
$F_ф$	0,61	–	4,17	–	1,93	–	4,85	–
S_x, %	17,01	–	15,75	–	19,05	–	2,67	–

**ПДК для содержания кадмия в зерне озимой пшеницы составляет 0,1 мг/кг.*

В первый год после внесения дозы фосфогипса нейтрализованного не оказали существенного влияния на содержание кадмия в зерне озимой пшеницы. Данный показатель по вариантам опыта варьировал от 0,03 до 0,04 мг/кг. При этом дисперсионный анализ выявил, что фактическое значение F-критерия было ниже значения теоретического. Максимальное содержание кадмия в зерне не превышало 40 % от ПДК.

Во второй год наблюдений выявлено достоверное снижение содержания кадмия в зерне озимой пшеницы по всем вариантам с внесением фосфогипса нейтрализованного. Данное снижение составили 0,01 мг/кг на вариантах с внесением 10 и 15 т/га фосфогипса нейтрализованного, а также 0,02 мг/кг на вариантах с внесением 5 и 20 т/га. Максимальное содержание кадмия в зерне не превышало 30 % от ПДК.

На третий год наблюдений также присутствует снижение абсолютных значений по вариантам опыта с применением фосфогипса, но данный

результат нивелируется статистической обработкой данных. В таком случае можно сделать вывод об отсутствии эффекта на исследуемый показатель в 2024 г. Содержание кадмия в зерне в целом за год варьировало от 0,02 до 0,04 мг/кг, максимальное не превышало 30 % от ПДК.

В среднем за 3 года наблюдений изучаемый показатель варьировал незначительно, вследствие чего выявить динамику по его содержанию не представляется возможным. Также можно отметить, что в результате корреляционного анализа была выявлена средняя отрицательная связь содержания кадмия в зерне озимой пшеницы с его содержанием в пахотном (r = –0,68) и подпахотном (r = –0,39) слоях почвы.

Свинец в зерне озимой пшеницы

При избыточном накоплении свинца в растениях есть риск отравления человека и животных. Проявление признаков отравления наступает при достижении концентрации свинца в 6–7 мг/кг живого веса. В человеческом организме от отравления прежде всего страдает центральная нервная система (Рябчиков А. М., Солнцев В. Н., Горшков С. П. и др., 1980).

Загрязнение посевов озимой пшеницы данным тяжёлым металлом может привести к негативным последствиям. При его высокой концентрации в почве замедляется рост растений и снижается их продуктивность.

Сильнее всего отравление свинцом сказывается на хлоропластах клеток, что вызывает в будущем проблемы в протекании фотосинтеза. При высокой концентрации свинца в почве он легко попадает в корневую систему растений.

Результаты проведённых нами исследований свидетельствуют о полной безопасности применённых доз фосфогипса нейтрализованного в части загрязнения зерна озимой пшеницы свинцом за период наших наблюдений. Данные по влиянию фосфогипса нейтрализованного на содержание свинца в зерне озимой пшеницы представлены в таблице 32.

Максимальные значения содержания свинца в зерне по вариантам опыта выявлены в 2023 г. Они составляли от 0,005 до 0,006 мг/кг, что не превышает 1,2 % от значения ПДК.

Таблица 32 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание свинца в зерне озимой пшеницы, мг/кг

Вариант/показатель	2022 г.	2023 г.	2024 г.
1. Контроль	<0,005	0,005	<0,005
2. ФГн 5 т/га	<0,005	0,006	<0,005
3. ФГн 10 т/га	<0,005	0,005	<0,005
4. ФГн 15 т/га	<0,005	0,006	<0,005
5. ФГн 20 т/га	<0,005	0,005	<0,005

**ПДК для содержания свинца в зерне озимой пшеницы составляет 0,500 мг/кг.*

В 2022 и 2024 гг. результаты анализов свинца в зерне озимой пшеницы находились за нижним пределом определения выбранного метода исследований. Так как угрозы загрязнения свинцом нет, детализацию этих значений нами было решено не проводить. Учитывая вышеизложенное, считаем, что статистическая обработка данных эксперимента также не целесообразна.

Мышьяк в зерне озимой пшеницы

Мышьяк же по своей биохимии близок к фосфору, что и определяет его опасность для живых организмов. Его содержание в растениях во многом повторяет содержание в почве. При избыточной концентрации данного элемента замедляется рост растений, угнетаются вегетативные органы, снижается урожайность. Нормальная концентрация мышьяка в растениях варьирует от 1,0 до 1,7 мг/кг, токсичная — в пределах 5,0–20,0 мг/кг. Среднее содержание мышьяка на территории России варьирует от 0,020 до 0,046 мг/кг (Побилат А. Е., Волошин Е. И., 2021).

В растения попадает подвижная форма мышьяка из почвенного раствора. В основном данный элемент накапливается в корнях озимой пшеницы, но может проникать и в другие ткани. При загрязнении данным токсикантом происходит замедление роста растений, увядание вегетативных органов,

понижение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции. Данные по влиянию фосфогипса нейтрализованного на содержание мышьяка в зерне озимой пшеницы представлены в таблице 33.

Таблица 33 — Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание мышьяка в зерне озимой пшеницы, мг/кг

Вариант/ показатель	2022 г.	2023 г.	2024 г.
1. Контроль	<0,025	<0,025	<0,025
2. ФГн 5 т/га	<0,025	<0,025	<0,025
3. ФГн 10 т/га	<0,025	<0,025	<0,025
4. ФГн 15 т/га	<0,025	<0,025	<0,025
5. ФГн 20 т/га	<0,025	<0,025	<0,025

**ПДК для содержания мышьяка в зерне озимой пшеницы составляет 0,200 мг/кг.*

Внесение фосфогипса нейтрализованного не привело к существенному изменению содержания мышьяка в зерне озимой пшеницы. На протяжении всего периода наших исследований значение содержания мышьяка в зерне озимой пшеницы находилось за нижней границей определения выбранного метода. В таких условиях даже по верхней возможной границе содержание данного токсиканта не превышает 13 % от значения ПДК. То есть полученная сельскохозяйственная продукция полностью безопасна по данному показателю.

Так как значения содержания мышьяка были ниже порога определения, считаем, что проведение статистической обработки данных не целесообразно.

Таким образом, по результатам исследования влияния фосфогипса нейтрализованного на содержание токсикантов в зерне озимой пшеницы нами сделаны следующие выводы:

— расчётные (10 т/га) и повышенные (15 и 20 т/га) дозы фосфогипса нейтрализованного привели в 2023–2024 гг. к достоверному с точки зрения статистической обработки увеличению содержания стабильного стронция в

зерне озимой пшеницы, повысив его содержание относительно контроля на 24–37 %. В среднем за 3 года варианты с внесением фосфогипса нейтрализованного повысили содержание токсиканта в зерне на 10–38 %. Данный фактор не оказал негативного влияния на безопасность продукции. Так, на делянке с самым низким соотношением Ca/Sr данный показатель составил 169/1 при минимальном безопасном 140/1;

— внесённые дозы фосфогипса нейтрализованного в 2023 г. привели к достоверному снижению содержания кадмия в зерне озимой пшеницы на всех вариантах опыта, снижение составило от 0,01 до 0,02 мг/кг. В 2022 и 2024 гг. достоверного влияния на данный показатель не установлено. В среднем за 3 года исследований содержание данного тяжёлого металла составило от 0,03 до 0,04 мг/кг. Максимальное за период наблюдения содержание кадмия в зерне озимой пшеницы на вариантах опыта не превышало 40 % от ПДК;

— внесённые дозы фосфогипса нейтрализованного за весь период наблюдений не оказали существенного влияния на содержание свинца и мышьяка в зерне озимой пшеницы. Полученные по вариантам опыта значения содержания в зерне данных токсикантов находились на нижней границе определения выбранных методов. Максимально возможные значения содержания свинца и мышьяка значительно ниже установленных ПДК, следовательно, полученная сельскохозяйственная продукция полностью безопасна в части содержания этих элементов.

ГЛАВА 6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО

С целью экономического обоснования проведенных исследований в работе была выполнена оценка эффективности возделывания озимой пшеницы с учётом применения различных норм внесения мелиоранта на основе разработки типовых технологических карт (Вайцеховская С. С., Байчерова А. Р., Пупынина Е. Г. и др., 2018; Моисеенков И. П., Тушканов М. П., Плетцов С. Н., 2007; Беспятых В. И., Лукин А. С., Лукина Е. В., 2008). Технологические карты были составлены на основе использования стандартной технологии возделывания пшеницы с учётом природно-климатических условий Андроповского муниципального округа Ставропольского края, а также производственных и материально-технических возможностей индивидуального предпринимателя, главы К(Ф)Х Г. К. Сабынина. Для расчёта основных показателей, представленных в технологических картах, были взяты типовые нормы выработки и расхода топлива на стандартную расчётную площадь поля — 100 га (Типовые нормы выработки…, 2000).

Информация о ценах на применяемые по технологии химические средства защиты растений (пестициды) взята на сайтах официальных поставщиков (Склад пестицидов и агрохимикатов; ООО «Премьер-Агро»; Российский агропромышленный сервер...). Источник цен на минеральные удобрения — официальный сайт дистрибьюторов минеральных удобрений (Компания «ЮгАгроСнаб»). Информация о ценах на топливо и горюче-смазочные материалы — официальный сайт дистрибьюторов топлива (ООО «Евротрейд»).

Затраты на оплату труда основных и вспомогательных работников определены на основе 6-разрядной тарифной сетки с учётом размера МРОТ по состоянию на 01.01.2024, составляющего 19242 руб. в соответствии с нормативами, установленными в действующей редакции Федерального закона от 19.06.2000 № 82-ФЗ «О минимальном размере оплаты труда».

Для установления цен на готовую продукцию использованы данные официальных сайтов крупных дистрибьюторов и агрегаторов цен на

сельскохозяйственную продукцию (ТД «РИФ»; АО «Астон»; «АгроНовости»). Выбор уровня цен также соответствует классу зерна по содержанию клейковины (Приложение 6).

Источником фосфогипса нейтрализованного для проведения исследований выступил отвал АО «Минерально-химическая компания «ЕвроХим», расположенный в г. Белореченске Краснодарского края. Отпускная цена мелиоранта по действующим условиям отгрузки составляет 12 руб/т. Затраты на погрузку 1 тонны ФГн — 5 руб. Рыночная цена доставки составляет 6 руб. за 1 тонну на 1 км. Учитывая, что расстояние от г. Белореченска до с. Крымгиреевское составляет 278 км, затраты на доставку 1 тонны ФГн составляют 1668 руб. Таким образом, суммарные затраты на приобретение, погрузку и доставку мелиоранта составляют 1685 руб/т. Учитывая, что фосфогипс был внесён однократно в 2021 г., затраты на его приобретение пропорционально распределены по всем годам исследования с целью более обоснованного сопоставления результатов расчётов.

Определение производственных затрат и затрат труда, калькуляция себестоимости продукции, а также расчёт основных показателей экономической эффективности, в числе которых выручка, прибыль, рентабельность, выполнены по общепринятой методике экономического обоснования возделывания сельскохозяйственных культур с учётом специфики диссертационного исследования (Вайцеховская С. С., 2023; Кусакина О. Н., Банникова Н. В., Костюченко Т. Н. и др., 2018). Отдельные аспекты использования данной методики встречаются в научных публикациях, посвященных оценке эффективности различных технологий производства продукции растениеводства (Защепкин Е. Е., 2016; Кукушкина В. В., 2018, Стукалов Р. С., 2016; Устимов Д. В., 2023).

Одной из главных задач исследования по применению фосфогипса при возделывании озимой пшеницы является обоснование влияния различных норм внесения мелиоранта на изменение урожайности культуры (Таблица 21).

Следует отметить, что для более детального анализа динамики показателей расчёты были проведены отдельно по каждому году исследования и в среднем за период. При этом для сопоставимости полученных результатов и проведения их

сравнительной оценки экономические показатели определены с учётом актуальных цен на ресурсы и готовую продукцию по состоянию на текущий период времени.

По результатам разработки технологических карт по возделыванию озимой пшеницы с применением фосфогипса нейтрализованного в 2022 г. (Приложения 8–12) были определены производственные затраты и рассчитана себестоимость продукции (Приложение 13). Наибольшая сумма производственных затрат в расчёте на единицу земельной площади (52,1 тыс. руб/га) была получена при внесении максимальной (20 т/га) дозы фосфогипса нейтрализованного, что обусловлено величиной затрат на его приобретение и доставку.

Наибольший удельный вес в структуре производственных затрат при возделывании пшеницы в 2022 г. в среднем по вариантам занимают затраты на удобрения (16,9 %), оплату труда (11,1 %), амортизационные отчисления (10,3 %) и топливо (10,1 %). С учётом увеличения нормы внесения фосфогипса нейтрализованного удельный вес затрат на него растет с 6,6 до 21, 9% (Рисунок 3).

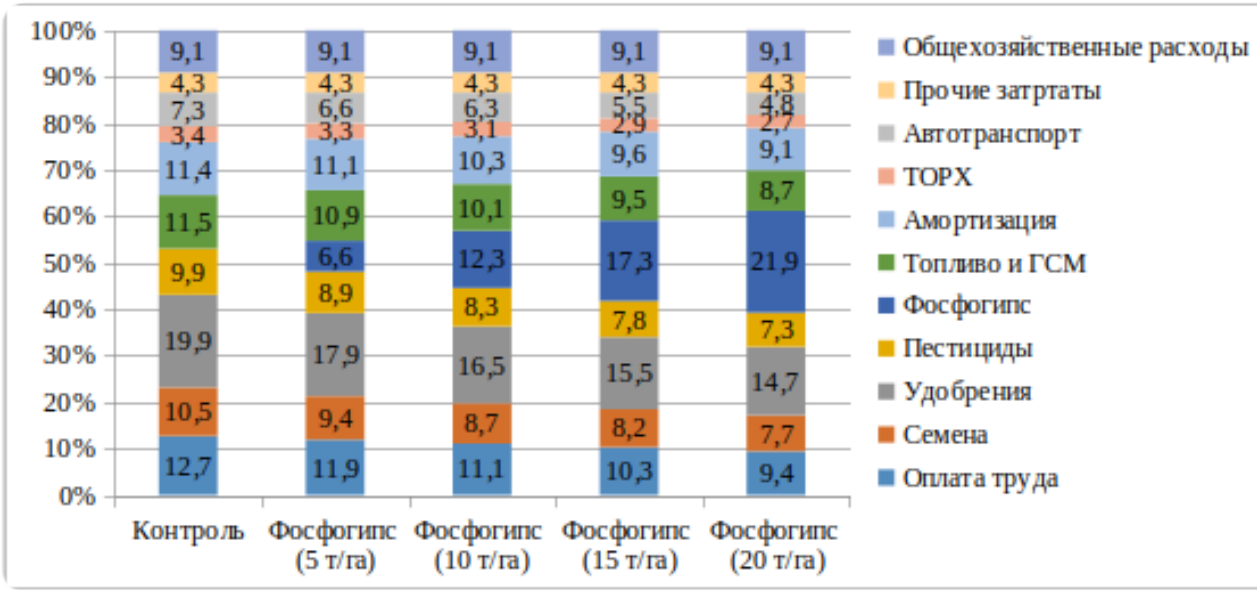


Рисунок 3 — Структура производственных затрат возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2022 г., %

Как показали результаты расчётов, наибольшая урожайность озимой пшеницы (5,24 т/га) была получена при внесении 10 т/га фосфогипса нейтрализованного, благодаря чему уровень рентабельности продукции при

среднерыночной цене на зерно 5 класса 11 тыс. руб/т составил 26,3 %. Варианту с внесением наибольшего количества фосфогипса (20 т/га) соответствует наименьшая урожайность пшеницы (4,51 т/га), вследствие чего производство убыточно (–3,2 %). Более высокий уровень рентабельности на контроле (45,4 %) обусловлен отсутствием затрат на приобретение и внесение мелиоранта и достаточно высоким уровнем урожайности, превышающим аналогичный показатель при внесении 15 и 20 т/га фосфогипса нейтрализованного (Таблица 34).

Таблица 34 — Показатели экономической эффективности возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2022 г.

Показатель	Вариант опыта				
	1. Контроль	2. ФГн 5 т/га	3. ФГн 10 т/га	4. ФГн 15 т/га	5. ФГн 20 т/га
Урожайность с 1 га, т	5,01	5,06	5,24	4,87	4,51
Цена реализации 1 т, руб.	11000,0	11000,0	11000,0	11000,0	11000,0
Выручка от реализации с 1 га, руб.	55110,0	55660,0	57640,0	53570,0	49610,0
Затраты труда на 1 га, чел.-ч	9,2	9,6	9,7	9,6	9,3
Затраты труда на 1 т, чел.-ч	1,8	1,99	1,88	2,0	2,1
Производственные затраты на 1 га, руб.	37892,2	42239,3	45626,5	48575,0	51236,2
Себестоимость 1 т продукции, руб.	7563,3	8347,7	8707,4	9974,3	11360,6
Прибыль на 1 га, руб.	17217,8	13420,7	12013,5	4995,0	–1626,2
Уровень рентабельности, %	45,4	31,8	26,3	10,3	–3,2

По результатам разработки технологических карт по возделыванию озимой пшеницы с применением фосфогипса нейтрализованного в 2023 г. (Приложения 14–18) аналогично были определены производственные затраты и рассчитана себестоимость продукции (Приложение 19). Наибольшая сумма производственных затрат в расчете на единицу земельной площади (52,1 тыс. руб/га) была получена при внесении максимального (20 т/га) количества фосфогипса нейтрализованного, что обусловлено величиной затрат на его приобретение и доставку.

Наибольший удельный вес в структуре производственных затрат при возделывании пшеницы в 2023 г. в среднем по вариантам занимают затраты на удобрения (17,2 %), оплату труда (10,8 %), амортизационные отчисления (10,5 %) и топливо (10 %). С учетом увеличения нормы внесения ФГн удельный вес затрат на него увеличивается с 6,8 до 21,9 % (Рисунок 4).

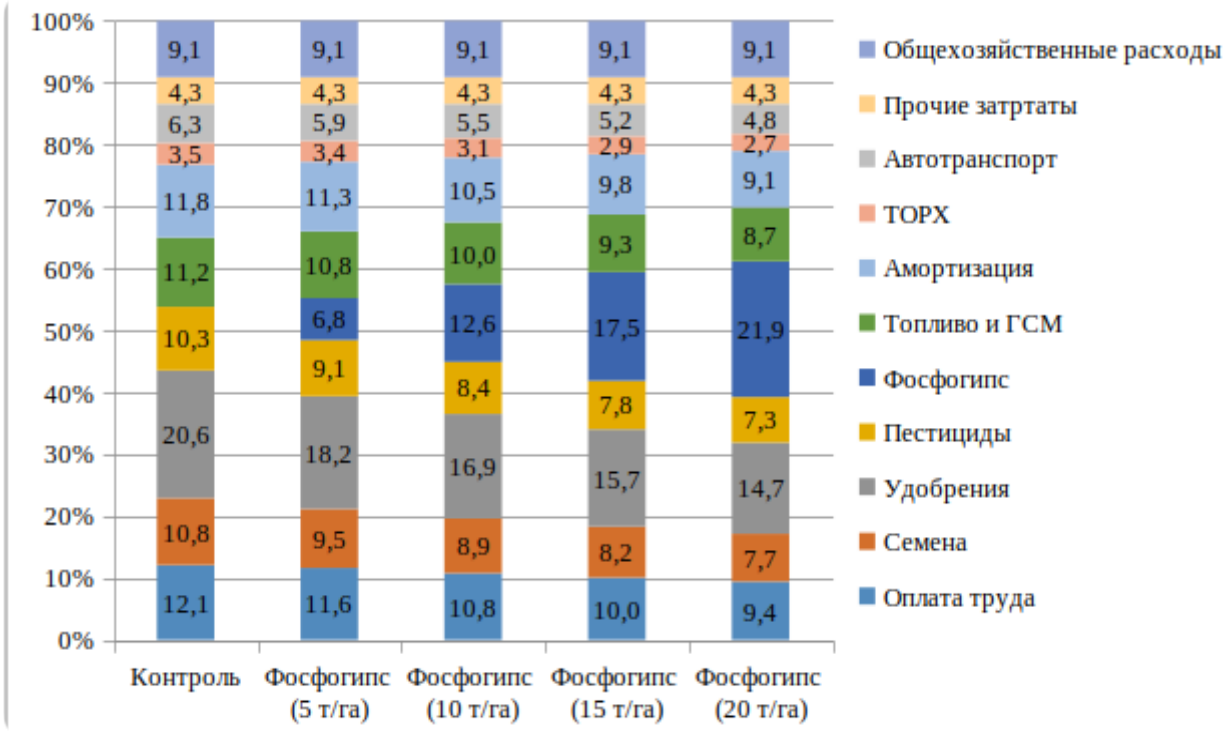


Рисунок 4 — Структура производственных затрат возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2023 г., %

Как показали результаты расчетов, наибольшая урожайность озимой пшеницы (4,55 т/га) была получена при внесении 15 т/га фосфогипса нейтрализованного, однако наибольший уровень рентабельности получен при внесении 5 т/га фосфогипса нейтрализованного по среднерыночной цене на зерно 5 класса 11 тыс. руб/т и составил 18,8 %. Варианту с внесением наибольшего количества фосфогипса (20 т/га) соответствует наименьшая урожайность пшеницы (4,51 т/га), вследствие чего производство убыточно (–3,2 %). Достаточно высокий уровень рентабельности на контроле (25,6 %) обусловлен отсутствием затрат на приобретение и внесение мелиоранта (Таблица 35).

Таблица 35 — Показатели экономической эффективности возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2023 г.

Показатель	Вариант опыта				
	1. Контроль	2. ФГн 5 т/га	3. ФГн 10 т/га	4. ФГн 15 т/га	5. ФГн 20 т/га
Урожайность с 1 га, т	4,18	4,48	4,49	4,55	4,51
Цена реализации 1 т, руб.	11000,0	11000,0	11000,0	11000,0	11000,0
Выручка от реализации с 1 га, руб.	45980,0	49280,0	49390,0	50050,0	49610,0
Затраты труда на 1 га, чел.-ч	8,6	9,3	9,3	9,3	9,3
Затраты труда на 1 т, чел.-ч	2,1	2,1	2,1	2,0	2,1
Производственные затраты на 1 га, руб.	36618,1	41481,4	44733,0	48024,4	51236,2
Себестоимость 1 т продукции, руб.	8760,3	9259,2	9962,8	10554,8	11360,6
Прибыль на 1 га, руб.	9361,9	7798,6	4657,0	2025,6	–1626,2
Уровень рентабельности, %	25,6	18,8	10,4	4,2	–3,2

По результатам разработки технологических карт по возделыванию озимой пшеницы с применением фосфогипса нейтрализованного в 2024 г. (Приложения 20–24) аналогично были определены производственные затраты и рассчитана себестоимость продукции (Приложение 25).

Наибольшая сумма производственных затрат в расчете на единицу земельной площади (48,6 тыс. руб/га) была получена при внесении максимального (20 т/га) количества фосфогипса нейтрализованного, что обусловлено величиной затрат на его приобретение и доставку.

Наибольший удельный вес в структуре производственных затрат при возделывании пшеницы в 2024 г. в среднем по вариантам занимают затраты на удобрения (18,3 %), амортизацию (11,1 %), оплату труда (10,7 %), семена (9,6 %) и топливо (9,5 %). С учётом увеличения нормы внесения фосфогипса нейтрализованного удельный вес затрат на него увеличивается с 7,2 до 23,1 % (Рисунок 5).

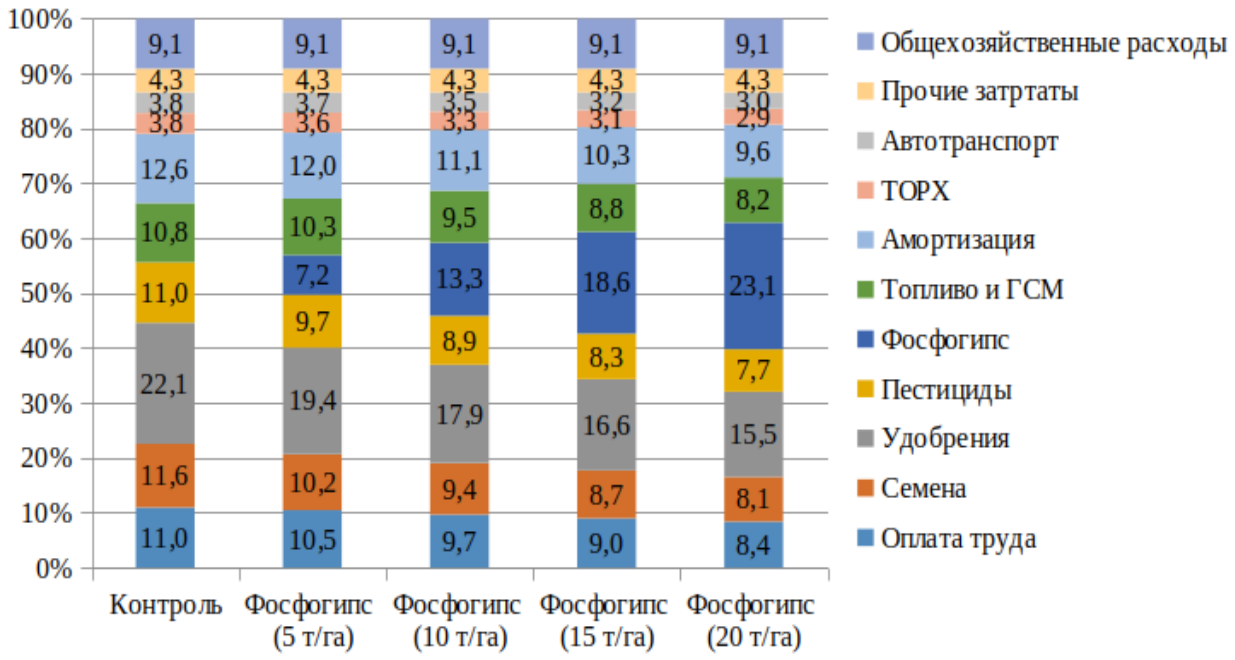


Рисунок 5 — Структура производственных затрат возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2024 г., %

Как показали результаты расчётов, наибольшая урожайность озимой пшеницы (2,67 т/га) была получена на вариантах внесения 10 и 15 т/га фосфогипса нейтрализованного, однако наибольший уровень рентабельности получен при внесении 5 т/га фосфогипса нейтрализованного (1,0 %). Урожайность пшеницы, равная 2,62 т/га, при внесении данной дозы мелиоранта близка к критическому уровню.

Следует отметить, что, несмотря на самую низкую урожайность за 3 года исследований, качество зерна на контроле соответствовало 4 классу, а в остальных вариантах 3 классу. В связи с этим средние рыночные цены на зерно выше, чем в 2022 и 2023 гг.

Наименьшая урожайность пшеницы (2,34 т/га) соответствует варианту без внесения фосфогипса нейтрализованного (контроль), при этом показатель уровня рентабельности имеет отрицательное значение (–11,1 %), что указывает на убыточность производства (Таблица 36).

Таблица 36 — Показатели экономической эффективности возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2024 г.

Показатель	Вариант опыта				
	1. Контроль	2. ФГн 5 т/га	3. ФГн 10 т/га	4. ФГн 15 т/га	5. ФГн 20 т/га
Урожайность с 1 га, т	2,34	2,62	2,67	2,67	2,64
Цена реализации 1 т, руб.	13000,0	15000,0	15000,0	15000,0	15000,0
Выручка от реализации с 1 га, руб.	30420,0	39300,0	40050,0	40050,0	39600,0
Затраты труда на 1 га, чел.-ч	7,4	8,0	8,0	8,0	8,0
Затраты труда на 1 т, чел.-ч	3,2	3,0	3,0	3,0	3,0
Производственные затраты на 1 га, руб.	34206,8	38900,9	42184,4	45412,8	48647,8
Себестоимость 1 т продукции, руб.	14618,3	14847,7	15799,4	17008,5	18427,2
Прибыль на 1 га, руб.	–3786,8	399,1	–2134,4	–5362,8	–9047,8
Уровень рентабельности, %	–11,1	1,0	–5,1	–11,8	–18,6

Аналогично расчётам, выполненным по каждому году исследования, целесообразно оценить эффективность применения фосфогипса нейтрализованного в среднем за период (Приложения 26–30).

Наибольшая сумма производственных затрат в расчёте на единицу земельной площади (50,4 тыс. руб/га) была получена при внесении максимального количества фосфогипса нейтрализованного (20 т/га) также, как и в разрезе каждого года, что обусловлено величиной затрат на его приобретение (Приложение 31).

Наибольший удельный вес в структуре производственных затрат при возделывании пшеницы в среднем за 3 года исследований аналогично расчётам, выполненным по каждому году, в среднем по вариантам занимают затраты на удобрения (17,5 %), амортизационные отчисления (10,8 %), оплату труда (10,5 %) и топливо (9,9 %). С учётом увеличения нормы внесения фосфогипса нейтрализованного удельный вес затрат на него растет с 2,1 до 8 % (Рисунок 6).

Наибольшая средняя за 3 года урожайность озимой пшеницы (4,13 т/га) была получена при внесении 10 т/га фосфогипса, однако наибольший уровень рентабельности (29,0 %) при средней за 3 года цене 13 тыс. руб/т соответствует варианту с внесением 5 т/га фосфогипса нейтрализованного.

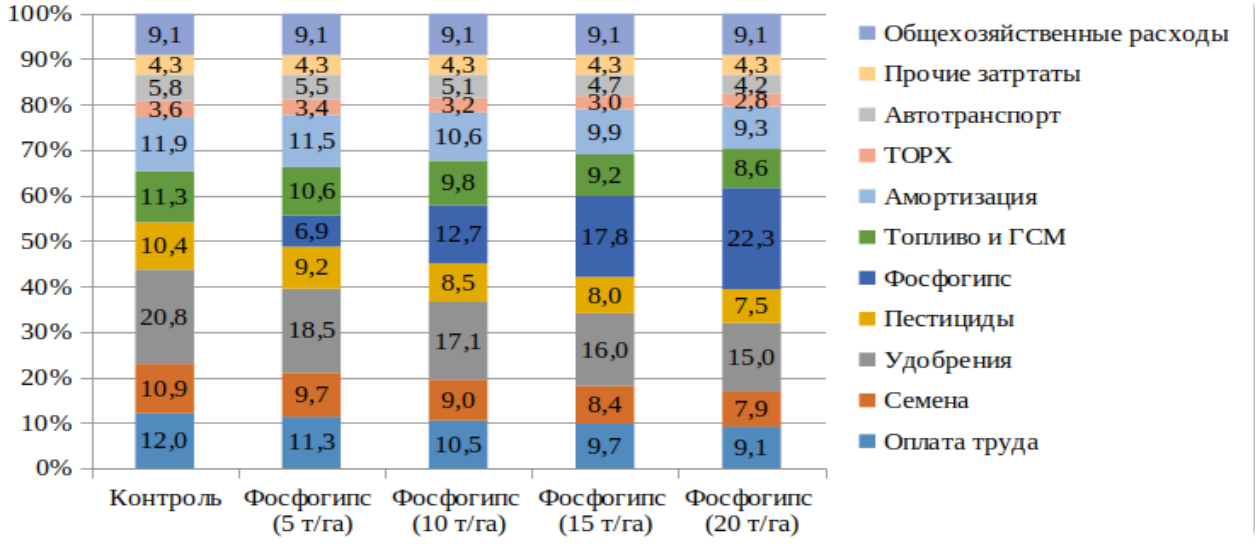


Рисунок 6 — Структура производственных затрат возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в среднем за 3 года, %

Средние за 3 года данные по эффективности возделывания в ходе исследований озимой пшеницы представлены в Таблице 37.

Таблица 37 — Показатели экономической эффективности возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в среднем за 2022–2024 гг.

Показатель	Вариант опыта				
	1. Контроль	2. ФГн 5 т/га	3. ФГн 10 т/га	4. ФГн 15 т/га	5. ФГн 20 т/га
Урожайность с 1 га, т	3,84	4,05	4,13	4,03	3,89
Цена реализации 1 т, руб.	12000,0	13000,0	13000,0	13000,0	13000,0
Выручка от реализации с 1 га, руб.	46080,0	52650,0	53690,0	52390,0	50570,0
Затраты труда на 1 га, чел.-ч	8,5	8,9	8,9	8,9	8,9
Затраты труда на 1 т, чел.-ч	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3
Производственные затраты на 1 га, руб.	36346,9	40821,7	44129,1	47293,0	50425,0
Себестоимость 1 т продукции, руб.	9465,3	10079,4	10685,0	11735,2	12962,7
Прибыль на 1 га, руб.	9733,1	11828,3	9560,9	5097,0	145,0
Уровень рентабельности, %	26,8	29,0	21,7	10,8	0,3

Наименьшая среднегодовая урожайность пшеницы (3,84 т/га) была получена на контроле без применения фосфогипса нейтрализованного, однако наименьший уровень рентабельности (0,3 %), как и в расчётах по годам, опять соответствует варианту с внесением наибольшего количества (20 т/га) мелиоранта.

Графически основные показатели экономической эффективности возделывания озимой пшеницы при внесении мелиоранта представлены в приложениях 32–34.

Таким образом, согласно результатам проведенных расчётов по оценке эффективности применения фосфогипса нейтрализованного на чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом, мы пришли к следующим выводам:

— в среднем за период исследований повышенные дозы (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного обеспечили урожайность озимой пшеницы в 4,03 и 3,89 т/га. На втором месте по эффективности пониженная доза (5 т/га) фосфогипса нейтрализованного, обеспечившая среднюю урожайность 4,05 т/га. Наибольшая урожайность озимой пшеницы получена при внесении расчётной дозы (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного — 4,13 т/га, что выше контроля на 7 %;

— по выручке от реализации сельскохозяйственной продукции за 3 года наблюдений повышенные дозы (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного также показали низкий результат, данный экономический показатель был равен 52390,0 и 50570,0 руб./га. Лучше себя продемонстрировали варианты с внесением пониженной дозы (5 т/га) фосфогипса нейтрализованного, где выручка от реализации продукции равна 52650,0 руб./га. Самыми лучшими по данному показателю стали варианты с внесением расчётной дозы (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного, на них выручка равна 53690,0 руб/га, что выше контроля на 16 %;

— производственные затраты на применение фосфогипса нейтрализованного при возделывании озимой пшеницы росли вместе с ростом дозы мелиоранта. Самые высокие затраты оказались при внесении повышенных

доз (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного — 47293,0 и 50425 руб/га. На применение расчётной дозы (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного затраты меньше — 44129,1 руб/га, самые низкие затраты при применении пониженной дозы (5 т/га) мелиоранта — 40821,7 руб/га;

— самый высокий уровень рентабельности соответствует вариантам с внесением пониженной дозы (5 т/га) фосфогипса нейтрализованного — 29,0 %. Данный результат на 7,3 процентных пункта выше, чем в варианте с использованием расчётной дозы (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного (21,7 %), где была достигнута наибольшая урожайность;

— критическое значение урожайности озимой пшеницы, при котором уровень рентабельности равен нулю, составляет:

1) при внесении 5 т/га фосфогипса нейтрализованного — 3,14 т/га, что на 0,91 т/га меньше полученного результата;

2) при внесении 10 т/га фосфогипса нейтрализованного — 3,39 т/га, что на 0,74 т/га меньше полученного результата;

3) при внесении 15 т/га фосфогипса нейтрализованного — 3,64 т/га, что на 0,39 т/га меньше полученного результата;

4) при внесении 20 т/га фосфогипса нейтрализованного — 3,88 т/га, что на 0,01 т/га меньше полученного результата.

Учитывая всю совокупность экономических факторов, считаем, что применение фосфогипса нейтрализованного при возделывании озимой пшеницы целесообразно при внесении дозы в размере 5 т/га и получении урожайности не ниже 3,14 т/га. Применение мелиоранта в дозе 10 т/га целесообразно при получении урожайности не ниже 3,39 т/га.

Для итоговой оценки применения повышенных доз (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного следует использовать более длительный период наблюдений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведённых в 2021–2024 гг. полевых опытов и лабораторных исследований по эффективности использования фосфогипса нейтрализованного на чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья были подготовлены следующие выводы:

1. На агрохимические показатели чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого дозы фосфогипса нейтрализованного оказали следующее воздействие:

— внесённые дозы фосфогипса нейтрализованного в 10, 15 и 20 т/га на полном минеральном фоне привели к снижению реакции pH чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого. Эффект достигнут со 2-го года последействия мелиоранта в пахотном слое почвы, разница с контролем на вариантах с внесением 10, 15 и 20 т/га мелиоранта составила 0,2 ед.;

— применение фосфогипса нейтрализованного оказало влияние на содержание подвижных форм фосфора. Максимальный эффект был проявлен на 3-й год при внесении повышенных доз фосфогипса нейтрализованного в 15 и 20 т/га, которые обеспечили увеличение исследуемого показателя в слое почвы 0–20 см на 15–16 мг/кг, а в слое 20–40 см — на 9 мг/кг. На вариантах с внесением расчётной дозы фосфогипса нейтрализованного в 10 т/га увеличение содержания подвижного фосфора в пахотном и подпахотном слоях почвы составило 14 и 8 мг/кг соответственно;

— влияние применения фосфогипса нейтрализованного на содержание подвижной серы в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом прямо пропорционально внесённым дозам мелиоранта. В среднем за 3 года увеличение содержания подвижной серы для слоя почвы 0–20 см составило по вариантам опыта от 6,1 до 12,8 мг/кг, для слоя 20–40 см — от 5,9 до 9,4 мг/кг.

Применение мелиоранта позволило перевести группировку обеспеченности почвы данным элементом питания из средней в высокую;

— достоверное влияние применения фосфогипса нейтрализованного на содержание обменного кальция в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом выявлено на 3-й год последействия. Наиболее эффективными по влиянию на данный агрохимический показатель оказались варианты с применением расчётной дозы (10 т/га) фосфогипса нейтрализованного: разница с контролем в среднем за 3 года составила 2,4 ммоль/100 г для слоя почвы 0–20 см и 2,2 ммоль/100 г для слоя 20–40 см, что составляет 11 и 8 % соответственно;

— в ходе изучения влияния фосфогипса нейтрализованного на содержание обменного магния в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом лучший эффект выявлен на вариантах с расчётными дозами (10 т/га). В последействии содержание обменного магния составило в пахотном и подпахотном слоях почвы 8,2 и 8,1 ммоль/100 г, что ниже значений на контрольном варианте на 30 и 18 % соответственно. Доля в сумме поглощённых оснований обменного магния на вариантах с внесением 10 т/га мелиоранта в пахотном слое почвы составила 20,6 %, в подпахотном — 22,5 %. Для контрольного варианта данные значения составили 31,8 и 29,6 % соответственно;

— существенное влияние на содержание обменного натрия в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом оказали все дозы фосфогипса нейтрализованного. Лучший эффект выявлен на вариантах с повышенными дозами мелиоранта в 15 и 20 т/га, где среднее за 3 года содержание обменного натрия в пахотном слое почвы составило 0,45 ммоль/100 г, что ниже контроля на 49 %. В подпахотном слое почвы данный показатель равен 0,64–0,65 ммоль/100 г, что ниже контроля на 60 %. Доля в сумме поглощённых оснований обменного натрия на вариантах с внесением повышенных доз мелиоранта в пахотном слое почвы составила 1,2 %, в подпахотном — 1,8 %. Для контрольного варианта данные значения составили 2,9 и 5,1 % соответственно;

— за период исследований статистическая обработка данных по влиянию различных доз фосфогипса нейтрализованного на изменение содержания органического вещества и подвижного калия в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом достоверных результатов не выявила.

2. При изучении влияния различных доз фосфогипса нейтрализованного на рост и развитие растений, урожайность и качество зерна озимой пшеницы было установлено следующее:

— эффект от применения различных доз фосфогипса нейтрализованного на количество продуктивных стеблей озимой пшеницы выявлен только на 3-й год после внесения. Минимальный результат получен на вариантах с внесением 5 т/га фосфогипса нейтрализованного — 462 шт/м^2, что ниже на 2 % значений на контрольном варианте. Максимальный результат получен по вариантам с расчётной дозой 10 т/га фосфогипса нейтрализованного — 486 шт/м^2, что выше контрольного на 3 %;

— показатель массы 1000 зёрен озимой пшеницы в среднем за 3 года по вариантам опыта варьировал от 32,7 до 34,0 г. Варианты с внесением расчётной дозы 10 т/га и повышенных 15 и 20 т/га доз мелиоранта увеличили среднюю массу 1000 зёрен на 1,4–1,5 г, или 5 %;

— изучаемые дозы фосфогипса нейтрализованного на показатели высоты растений и количества зёрен в колосе озимой пшеницы достоверного влияния не оказали;

— статистически достоверного влияния внесения фосфогипса нейтрализованного на содержание общих форм азота, фосфора и калия в растениях озимой пшеницы в фазу колошения не установлено;

— средняя урожайность озимой пшеницы по вариантам опыта варьировала от 3,84 до 4,13 т/га. Достоверная за 3 года наблюдений средняя прибавка урожайности выявлена на вариантах с пониженной 5 т/га и расчётной 10 т/га дозами фосфогипса нейтрализованного, она составила 0,21 и 0,29 т/га соответственно, или от 5 до 8 %;

— статистически достоверного влияния внесения фосфогипса нейтрализованного на содержание в зерне озимой пшеницы белка и клейковины, а также показатель ИДК не установлено. В 2022–2023 гг. на всех вариантах опыта получено зерно, соответствующее 5 классу. В 2024 г. (3-й год последействия) на контрольных вариантах было получено зерно озимой пшеницы, соответствующее 4 классу, а на вариантах с внесением фосфогипса нейтрализованного в дозах от 5 до 20 т/га — 3 классу.

3. На агроэкологические свойства чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого и содержание токсикантов в зерне озимой пшеницы дозы фосфогипса нейтрализованного оказали следующее воздействие:

— внесённые дозы фосфогипса нейтрализованного привели к существенному снижению содержания мышьяка в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом. Снижение прямо пропорционально дозе мелиоранта, для пахотного слоя почвы оно составляло 14–30 %, для подпахотного — 12–27 %. По годам можно проследить затухание данного эффекта. Максимальное выявленное значение содержания данного элемента по вариантам не превысило 42 % от ПДК, угрозы для экологии не выявлено;

— внесённые дозы фосфогипса нейтрализованного на содержание свинца и ртути в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом оказали ограниченное влияние, по полученным данным выявить тенденцию не представляется возможным. Максимальное выявленное значение содержания свинца не превысило 15 % от ПДК, ртути — 2 % от ПДК;

— внесённые дозы фосфогипса нейтрализованного на содержание стабильного стронция и кадмия в чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом существенного влияния не оказали. Содержание стронция не превышает 26 % от рекомендованного безвредного уровня, кадмия — 10 % от ПДК;

— дозы фосфогипса нейтрализованного в 10, 15 и 20 т/га в среднем за 3 года привели к статистически достоверному увеличению содержания стабильного стронция в зерне озимой пшеницы на 10–38 %. Данный фактор не оказал негативного влияния на безопасность продукции. Так, на вариантах с

самым высоким содержанием стабильного стронция соотношение Ca/Sr составило 169/1, при минимальном безопасном — 140/1;

— внесённые дозы фосфогипса нейтрализованного в среднем за 3 года снизили содержание кадмия в зерне озимой пшеницы на величину от 0,01 до 0,02 мг/кг, при содержании на контрольном варианте в 0,04 мг/кг. Максимальное за период наблюдения содержание кадмия в зерне озимой пшеницы на вариантах опыта не превышало 40 % от ПДК;

— внесённые дозы фосфогипса нейтрализованного не оказали существенного влияния на содержание свинца и мышьяка в зерне озимой пшеницы, значения содержания данных токсикантов находились на нижней границе определения выбранных методов и существенно ниже установленных ПДК.

4. Экономическая оценка применения различных доз фосфогипса нейтрализованного на чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом при возделывании озимой пшеницы выявила, что наибольшая прибыль получена при внесении 5 т/га мелиоранта, она составила 11828,3 руб/га. На данных вариантах также получена максимальная рентабельность — 29,0 %. На втором месте по экономической эффективности расчётная доза мелиоранта, которая обеспечивает прибыль в 9560,9 руб/га при уровне рентабельности в 21,7 %.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ

По результатам проведённых исследований предлагаем следующие рекомендации при возделывании озимой пшеницы на чернозёме обыкновенном слабосолонцеватом в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья:

1. Для достижения максимального экономического эффекта рекомендуется вносить дозу фосфогипса нейтрализованного в 5 т/га. Данная доза фосфогипса нейтрализованного обеспечивает среднюю прибыль в 11828,3 руб/га при рентабельности в 29,0 %.

2. Внесение расчётной дозы фосфогипса нейтрализованного 10 т/га рекомендуется проводить в целях поддержания плодородия почвы. Данная доза мелиоранта с учётом последействия повышает содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы на 14 мг/кг, подвижной серы — на 7,8 мг/кг, обменного кальция — на 2,4 ммоль/100 г при средней прибыли в 9560,9 руб/га и рентабельности в 21,7 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдулгалимов, М. М. Способ окультуривания солонцовых комплексов на Кизлярских пастбищах / М. М. Абдулгалимов // Аграрная наука на Севере — сельскому хозяйству : сб. материалов VI Всерос. науч.-практ. конф. (с международным участием) (Сыктывкар, 26 апреля 2024 г.). — Киров : Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2024. — С. 167–171.
2. Агапова, П. В. Оценка биологической эффективности применения обесфторенного фосфогипса в качестве удобрения в последействии / П. В. Агапова, М. В. Киселев, И. А. Фрейдкин // Известия Санкт-Петербургского гос. аграрного ун-та. — 2024. — № 1(75). — С. 48–57.
3. Агеев, В. В. Агрохимия (южно-российский аспект) / В. В. Агеев, А. И. Подколзин ; под ред. В. В. Агеева. — Т. 1. — Ставрополь : Ставропольский ГАУ, 2005. — 488 с.
4. Агеев, В. В. Проблемы серы в современном южно-российском земледелии / В. В. Агеев, О. Ю. Лобанкова, Л. В. Серая // Энтузиасты аграрной науки : сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию кафедры агрономической химии Кубанского гос. аграрного ун-та и памяти акад. Василия Григорьевича Минеева (Краснодар, 25 апреля 2017 г.). Т. 18. — Краснодар : КубГАУ, 2017. — С. 184–191.
5. Агрохимия нейтрализованного фосфогипса в рисовом агроландшафте / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, П. Н. Хачмамук [и др.] // Отходы, причины их образования и перспективы использования : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. экол. конф. (Краснодар, 26–27 марта 2019 г.) / сост. Л. С. Новопольцева ; под ред. И. С. Белюченко. — Краснодар : Кубанский гос. аграрный ун-т им. И. Т. Трубилина, 2019. — С. 553–556.
6. Агроэкологическая оценка влияния фосфогипса нейтрализованного на урожай и качество озимой пшеницы / В. Г. Сычев, В. А. Шевченко,

Ю. И. Гречишкина, А. В. Матвиенко // Мелиорация и водное хозяйство. — 2023. — № 6. — С. 36–39.

7. Агроэкологическая эффективность применения нейтрализованного фосфогипса в сельском хозяйстве // Аграрная наука. — 2020. — № 6. — С. 49–50.
8. Агроэкологическая эффективность применения фосфогипса в овощных агроценозах / Н. И. Аканова, Л. Н. Холомьева, М. Н. Можаренко [и др.] // Междунар. с.-х. журнал. — 2023. — № 2(392). — С. 163–167.
9. Агроэкологическая эффективность фосфогипса на посевах кукурузы и сои в условиях Северо-Западного Кавказа на черноземе выщелоченном / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, Е. П. Добрыднев, М. Ю. Локтионов // Плодородие. — 2013. — №1. — С. 16–20.
10. Агроэкономические и экологические аспекты химической мелиорации засоленных почв / Р. В. Некрасов, А. Х. Шеуджен, Р. Ф. Байбеков и др. // Земледелие. — 2021. — № 8. — С. 3–7.
11. Аканова, Н. И. Агроэкологическая эффективность нейтрализованного фосфогипса как химического мелиоранта и фосфорсодержащего минерального удобрения в условиях богарного земледелия Краснодарского края / Н. И. Аканова, А. Х. Шеуджен, М. М. Визирская, А. А. Андреев // МСХ. — 2018. — № 2. — С. 32–37.
12. Аканова, Н. И. Фосфогипс нейтрализованный — перспективное агрохимическое средство интенсификации земледелия / Н. И. Аканова // Плодородие. — 2013. — № 1(70). — С. 2–7.
13. Аканова, Н. И. Эффективность применения фосфогипса на темно-каштановых почвах в посевах подсолнечника / Н. И. Аканова, Л. Н. Дубровских, К. Е. Денисов // МСХ. — 2021. — № 1. — С. 7–11.
14. Аканова, Н. И. Фосфогипс нейтрализованный — перспективное агрохимическое средство интенсификации земледелия // Плодородие. — 2013. — № 1(70). — С. 2–7.

15. Акимова, О. И. Формирование биометрических показателей и урожайность зерна озимой пшеницы при внесении минеральных удобрений / О. И. Акимова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – № 11(61). – С. 15–20.
16. Анализ мелиоративного эффекта от применения горных пород и фосфогипса во времени на чернозёме выщелоченном на примере озимой пшеницы / В. С. Цховребов, В. И. Фаизова, Д. В. Дубинин, В. Я. Лысенко // Агрохимический вестник. — 2022. — № 4. — С. 61–65.
17. Анастасов, М. С. Использование фосфогипса в аграрной и строительной промышленности / М. С. Анастасов, А. В. Шестов, Н. В. Сучилин // Социальные и гуманитарные науки в XXI веке. Итоги, вызовы, перспективы 2021 : сб. науч. тр. II Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием, посвящ. Году науки и технологий (Санкт-Петербург, 16 апреля 2021 г.). — Ч. 1. – Санкт-Петербург : Ассоциация содействия изучению и популяризации истории и социально-гуманитарных наук «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ПЕРЕСВЕТ», 2021. — С. 46–48.
18. Антоненко, Д. А. Отходы производства и потребления как сырьевая основа сложных компостов / Д. А. Антоненко, И. С. Белюченко // Экологический вестник Северного Кавказа. — 2014. — Т. 10, № 3. — С. 14–23.
19. АО Астон: [сайт]. — Режим доступа : https://www.astontd.ru/prices.
20. Бабенко, А. А. Влияние фосфогипса и электролита травления стали на химические свойства почв рисовых чеков в условиях Ростовской области / А. А. Бабенко // Мелиорация и гидротехника. — 2024. — Т. 14, № 1. — С. 71–88.
21. Безопасная утилизация фосфогипса и забалансовых руд Аксайского месторождения / С. Б. Жуматаева, К. Т. Жантасов, К. Т. Д. Бержанов, М. К. Жантасова // Труды университета. — 2023. — № 1(90). — С. 156–162.

22. Бейсембаева, Л. К. Получение химических мелиорантов из техногенных отходов / Л. К. Бейсембаева, С. А. Сыдыкбаева, Г. С. Шенебекова // Химия ғылымы мен химиялық білім берудің өзекті мәселелері : атты Республикалық ғылыми конференция материалдарының жинағы, Нұр-Сұлтан, 04 апреля 2022 года. — Нұр-Сұлтан : Евразийский нац. ун-т им. Л. Н. Гумилева, 2022. — С. 30–33.

23. Бекбаев, Р. Мелиоративная эффективность фосфогипса на орошаемых землях бассейна рек Аса-Талас / Р. Бекбаев // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2017. — № 1. — С. 5–11.

24. Белоусов, И. Е. Влияние последействия фосфогипса на содержание натрия в рисовой солонцовой почве / И. Е. Белоусов // Рисоводство. — 2022. — № 3(56). — С. 61–66.

25. Белюченко, И. С. Изменение агрегатного состава чернозёма обыкновенного при внесении органоминерального компоста / И. С. Белюченко, Д. А. Славгородская // Доклады Рос. академии с.-х. наук. — 2013. — № 4. — С. 23–25.

26. Белюченко, И. С. Экологические особенности фосфогипса и целесообразность его использования в сельском хозяйстве / И. С. Белюченко, Е. П. Добрыднев, Е. И. Муравьев // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства : сб. ст. (с участием ученых Украины и Белоруссии), Краснодар, 18–19 марта 2010 г. – Краснодар : Куб. гос. аграрный ун-т, 2010. — С. 13–22.

27. Белюченко, И. С. Экологические особенности фосфогипса и целесообразность его использования в сельском хозяйстве / И. С. Белюченко, Е. П. Добрыднев, Е. И. Муравьев // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства : сб. ст. (с участием ученых Украины и Белоруссии), Краснодар, 18–19 марта 2010 г. – Краснодар : Куб. гос. аграрный ун-т, 2010. — С. 13–22.

28. Березин, Л. В. Экологические проблемы использования мелиорированных земель в Западной Сибири / Л. В. Березин // Мелиорация и водное хозяйство. — 2005. — № 6. — С. 56–58.

29. Валге, А. М. Определение размеров накопительной площадки перед хранилищем при заготовке силоса / А. М. Валге, А. И. Сухопаров // АгроЭкоИнженерия. — 2022. — № 3(112). — С. 61–70.

30. Верещагин, А. Н. Химическая мелиорация солонцов степной зоны Северного Казахстана : дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.03 / Верещагин А. Н. — Шортанды, 1987. — 186 с.

31. Верещакова, А. А. Агроэкологическая эффективность применения фосфогипса нейтрализованного в качестве поликомпонентного удобрения на посевах риса / А. А. Верещакова, Т. Н. Бондарева // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сб. ст. по материалам 78-й науч.-практ. конф. студ. по итогам НИР за 2022 год. — В 3 ч. — Ч. 1. (Краснодар, 01–31 марта 2023 г.) / отв. за выпуск А. Г. Кощаев. — Краснодар : Куб. гос. аграрный ун-т им. И. Т. Трубилина, 2023. — С. 138–141.

32. Визирская, М. М. Агроэкологическая эффективность периодического применения нейтрализованного фосфогипса в посевах риса / М. М. Визирская, А. Х. Шеуджен, Н. И. Аканова // Агрохимический вестник. — 2020. — № 2. — С. 26–31.

33. Визирская, М. М. Эффективность применения фосфогипса при возделывании льна масличного и озимой пшеницы / М. М. Визирская, Н. И. Аканова, Л. П. Бельтюков // Плодородие. — 2020. — № 5(116). — С. 66–68.

34. Влияние ионов солей и питательных элементов на минеральное питание растений на засоленных почвах / А. А. Беловолова, Н. В. Николенко, А. И. Подколзин [и др.] // Вестник АПК Ставрополья. — 2017. — № 4(28). — С. 88–91.

35. Влияние мелиорации фосфогипсом на экологическое состояние чернозёмов Каменной степи / Е. В. Куликова, Н. С. Горбунова, Ю. А. Куликов // Вестник Воронежского гос. аграрного ун-та : теор. и науч.-практ. журнал. — Т. 16, № 2(77). — 2023. — С. 81–89.

36. Влияние почвогрунтов на рост и развитие сельскохозяйственных культур / И. Г. Асылбаев, Р. Б. Нурлыгаянов, М. А. Севостьянов [и др.] // АгроЭкоИнфо. — 2022. — № 6(54).

37. Влияние различных форм фосфогипса нейтрализованного на физико-химические свойства лугово-черноземной почвы / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, С. В. Есипенко [и др.] // Передовые исследования Кубани : сб. материалов Ежегодной отчетной конф. грантодержателей Кубанского научного фонда (Сочи, 29–31 мая 2024 г.). — Краснодар : Кубанский научный фонд, 2024. — С. 117–121.

38. Влияние фосфогипса и минеральных удобрений при различном уровне содержания элементов питания в почве на физические, агрохимические и микробиологические показатели плодородия обыкновенного чернозёма / Г. П. Покудин, Н. Я. Кутовая, С. В. Мухина // НИИСХ ЦЧП им. В. В. Докучаева / Рукоп. деп. 2003.04.07 № 9 ВС-2003. — Каменная степь, 2003. — 18 с.

39. Влияние фосфогипса и серосодержащих удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе / В. С. Цховребов, А. Б. Умаров, А. М. Никифорова, Д. В. Калугин // Агрохимический вестник. — 2018. — № 4. — С. 21–23.

40. Влияние фосфогипса и удобрений на содержание элементов питания в чернозёме южном и урожайность озимой пшеницы / В. С. Цховребов, А. Б. Умаров, В. И. Фаизова, А. А. Новиков // Деловой вестник АПК. Ставропольский край. — 2021. — № 3. — С. 54–59.

41. Влияние фосфогипса и удобрений на содержание элементов питания в черноземе южном и урожайность озимой пшеницы / В. С. Цховребов,

А. Б. Умаров, В. И. Фаизова, Л. А. Сенькова, А. А. Новиков // Земледелие. — 2019. — № 7. — С. 15–17.

42. Влияние фосфогипса на продуктивность лука при выращивании в условиях степной зоны Самарского Заволжья / Н. И. Аканова, Н. М. Троц, Л. Н. Холомьева, А. А. Соловьев // Известия Самарской гос. с.-х. академии. — 2023. — № 3. — С. 3–10.
43. Возможности рекультивации буровых шламов и солонцов с использованием фосфогипса / Л. Н. Скипин, Н. В. Храмцов, С. А. Гузеева [и др.] // Аграрный вестник Урала. — 2013. — № 6(112). — С. 71–73.
44. Возможность переработки фосфогипса с получением подщелачивающего реагента / Д. И. Монастырский, М. А. Куликова, Н. П. Шабельская [и др.] // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — 2024. — Т. 335, № 9. — С. 183–190.
45. Воронин, А. А. Влияние фосфогипса и минеральных удобрений на основные показатели плодородия и ферментативную активность чернозема обыкновенного Каменной степи : специальность 06.01.04 «Агрохимия» : автореф. дис. … канд. с.-х. наук / Воронин Андрей Алексеевич. – Каменная степь, 2007. — 19 с.
46. Временные методические указания по проведению почвенно-мелиоративных изысканий, составлению проектно-сметной документации и мелиорации солонцеватых содово-засоленных орошаемых почв Казахской ССР. — Алма-Ата, 1985. — 84 с.
47. Гедройц, К. К. Избранные сочинения / К. К. Гедройц ; под ред. Н. П. Ремезова. — В 3 т. — Москва : Сельхозгиз, 1955. — Т. 3. — 560 с.
48. Годунова Е. И. Засолённые почвы Ставрополья и пути их мелиорации : монография / Е. И. Годунова. — Ставрополь : ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» ; Сервис-Школа, 2022. — 466 с.
49. Гончаров, В. М. Проблемы и пути утилизации фосфогипса с разработкой эффективных технологий и новых стройматериалов с соответствующими

потребительскими характеристиками / В. М. Гончаров, С. В. Скориков // Евразийский союз ученых. — 2014. — № 7-1. — С. 50–52.

50. Гречишкина, Ю. И. Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание стронция стабильного в почве и зерне озимой пшеницы на чернозёме слабосолонцеватом в условиях Центрального Предкавказья / Ю. И. Гречишкина, А. В. Матвиенко // Фундаментальные и прикладные научные исследования: инноватика в современном мире : сб. науч. ст. по материалам X Междунар. науч.-практ. конф. (Уфа, 21 марта 2023 г.). — В 3 ч. — Ч. 1. — Уфа : ООО «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2023. — С. 157–161.

51. Гречишкина, Ю. И. Влияние фосфогипса нейтрализованного на урожайность и качество озимой пшеницы на чернозёмах слабосолонцеватых в условиях Центрального Предкавказья / Ю. И. Гречишкина, А. В. Матвиенко // Эволюция и деградация почвенного покрова : сб. науч. ст. по материалам VI Междунар. науч. конф. (Ставрополь, 19–22 сентября 2022 г.). — Ставрополь : ООО «СЕКВОЙЯ», 2022. — С. 100–103.

52. Гузеева, С. А. Тяжелые металлы как результат химической мелиорации солонцов / С. А. Гузеева, А. Я. Митриковский // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2022. — № 11. — С. 22–25.

53. Добрыднев, Е. П. Основные результаты исследования агроэкологической эффективности фосфогипса в земледелии Краснодарского края / Е. П. Добрыднев, М. Ю. Локтионов // Плодородие. — 2013. — № 1(70). — С. 7–9.

54. Докучаева, Л. М. Влияние удобрительно-мелиорирующих компостов на физико-химические свойства чернозема обыкновенного деградированного / Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, О. Ю. Шалашова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. — 2011. — № 4(24). — С. 70–76.

55. Докучаева, Л. М. Использование фосфогипса и фосфогипсосодержащих мелиорантов для мелиорации солонцовых почв в условиях орошения / Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, О. Ю. Шалашова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. — 2012. — №3(07). — С. 52–64.

56. Докучаева, Л. М. Эффективность использования фосфогипса с органикой для почв комплексного покрова при орошении / Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, А. Н. Бабичев // Мелиорация и гидротехника. — 2022. — Т. 12, № 4.

57. Елсукова, Е. Ю. Загрязнение почв в зоне воздействия производства фосфорных удобрений / Е. Ю. Елсукова, И. С. Недбаев, Д. С. Кузьмина // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. — 2022. — Т. 67, № 4. — С. 652–674.

58. Елсукова, Е. Ю. Комплексная и покомпонентная оценка природной среды, находящейся под воздействием добычи и переработки фосфатов / Е. Ю. Елсукова, И. С. Недбаев // Актуальные вопросы устойчивого природопользования: научно-методическое обеспечение и практическое решение : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию НИЛ экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики БГУ (Минск, 09–11 ноября 2022 г.) / редколлегия: Д. С. Воробьёв (отв. ред.) [и др.]. — Минск : Белорусский гос. ун-т, 2022. — С. 80–83.

59. Есаулко, А. Н. Повышение содержания элементов питания в черноземе выщелоченном при внесении различных горных пород / А. Н. Есаулко, Д. В. Калугин, В. В. Кукушкина // Агрохимический вестник. — 2017. — № 4. — С. 23–25.

60. Есиркепова, Э. Ш. Экологические проблемы производства, хранения, переработки и использования фосфогипса / Э. Ш. Есиркепова, К. У. Комилов // Academic research in educational sciences. — 2024. — № 1. — С. 40–44.

61. Ефанова, Т. Г. Поведение фторидных соединений в системе почва — растение при мелиорации солонцеватослитых черноземов фосфогипсом :

автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.27 / Ефанова Т. Г. ; Моск. с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева. — Москва, 1994. — 20 с.

62. Жидков, А. Н. Опыт биологической рекультивации полигонов складирования вторичных материалов промышленности / А. Н. Жидков, Л. Л. Коженков // Музей-заповедник: экология и культура : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. (ст. Вёшенская, 12–13 октября 2022 г.). — Вёшенская : ФГБУ культуры «Государственный музей-заповедник М. А. Шолохова», 2022. — С. 56–61.
63. Жиленко, С. Агроэкономическая эффективность применения новых форм удобрений на основе фосфогипса в посевах кукурузы / С. Жиленко, Н. Аканова, Л. Винничек // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2016. — № 2. — С. 55–59.
64. Зависимость продуктивности севооборота от применения фосфогипса и удобрений / И. В. Синявский, А. М. Плотников, А. В. Созинов [и др.] // Аграрный научный журнал. — 2022. — № 1. — С. 37–42.
65. Защепкин, Е. Е. Фитосанитарное состояние и урожайность озимой пшеницы при технологии прямого посева на чернозёме выщелоченном Центрального Предкавказья: специальность 06.01.07 «Защита растений» : дис. … канд. с.-х. наук / Защепкин Евгений Евгеньевич. — Саратов, 2016. — 226 с.
66. Земельные ресурсы Ставрополья и их плодородие / М. Т. Куприченков, Т. Н. Антонова, Н. Ф. Симбирев, А. С. Цыганков ; Ставропольский науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва, Ком. по земел. ресурсам и землеустройству по Ставропольскому краю. — Ставрополь : Ставроп. краев. тип., 2002. — 312 с. : ил.
67. Зоз, О. В. Реакция сортов риса на внесение в почву фосфогипса нейтрализованного / О. В. Зоз // Рисоводство. — 2022. — № 4(57). — С. 17–21.
68. Извлечение редкоземельных металлов из фосфогипса и растворов подземного выщелачивания урана / В. Н. Рычков, Е. В. Кириллов,

С. В. Кириллов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. — 2024. — Т. 30, № 3. — С. 57–72.

69. Изменение численности микроорганизмов чернозёма южного при внесении фосфогипса и серосодержащих удобрений / В. С. Цховребов, А. Б. Умаров, В. И. Фаизова, А. М. Никифорова, Д. В. Калугин // Аграрный вестник Северного Кавказа. — 2019. — № 2(34). — С. 74–78.
70. Имгрунт, И. И. Влияние приемов повышения плодородия почвы на урожай зерна кукурузы / И. И. Имгрунт // Агроэкология Северо-Западного Кавказа: проблемы и перспективы. — 2017. — № 1. — С. 65–72.
71. Исамитдинов, Р. Н. Использование анатомо-морфологических признаков стебля в селекции озимого ячменя на устойчивость к полеганию : специальность 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений» : дис. … канд. с.-х. наук / Исамитдинов Ренат Насибуллаевич. — Краснодар, 2010. — 151 с.
72. Использование фосфогипса для улучшения мелиоративных свойств почвы / Х. А. Ниёзов, К. У. Комилов, Э. Ж. Курбонов [и др.] // Academic research in educational sciences. — 2020. — № 1. — С. 92–101.
73. Исследование способов использования фосфогипса в качестве удобрения или компонента комплексного удобрения / Д. Монастырский, М. А. Куликова, А. Р. Шихов, А. И. Санаев // Международный научно-исследовательский журнал. — 2024. — № 5(143).
74. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас ; перевод с англ. Д. В. Гричука, Е. П. Янина ; под ред. Ю. Е. Саета. — М. : Мир, 1989. — 439 с. : ил.
75. Калиниченко, В. П. Эффективное использование фосфогипса в земледелии / В. П. Калиниченко // Вестник Международного института питания растений. — 2017. — № 1. — С. 2–33.
76. Калугин, Д .В. Изменение физико-химических показателей чернозема выщелоченного при внесении горных пород / Д. В. Калугин,

В. С. Цховребов, В. В. Кукушкина // Агрохимический вестник. — 2017. — № 4. — С. 20–22.

77. Кальцийсодержащие отходы промышленности, краткая характеристика, годовой вывоз и запасы / Госагропром РСФСР, ВНИПТИХИМ. — М., 1987. — 30 с.

78. Карасенко, Л. М. Влияние химических мелиорантов на микрофлору орошаемых солонцовых почв // Проблемы диагностики и мелиорации солонцов : сб. науч. ст. / Л. М. Карасенко ; НИМИ. — Новочеркасск, 1983. — С. 165–172.

79. Клименко, О. Е. Длительное последействие химической мелиорации на солевой состав почвы / О. Е. Клименко // Инновации в науке. — 2015. — Вып. № 1(38). — С. 7–11.

80. Компания «ЮгАгроСнаб»: [сайт]. — Режим доступа : https://ugagrosnab.com.

81. Комплексная мелиорация солончаковых и солонцовых почв при орошении / А. А. Сидько, С. И. Мясищев, В. П. Баякина, Т. И. Симонова. — Москва : Агропромиздат, 1985. — 136 с.

82. Косодуров, К. С. Агроэкологическая оценка эффективности фосфогипса на дерново-подзолистой почве в севообороте с картофелем : специальность 06.01.04 «Агрохимия» : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Косодуров Кирилл Сергеевич. — Москва, 2020. — 24 с.

83. Косодуров, К. С. Агроэкологическая оценка эффективности фосфогипса на дерново-подзолистой почве в севообороте с картофелем : специальность 06.01.04 «Агрохимия» : дис. ... канд. с.-х. наук / Косодуров Кирилл Сергеевич. — Москва, 2020. — 153 с.

84. Кошеляев, В. В. Особенности формирования элементов структуры урожая у сортов озимой пшеницы при различных уровнях минерального питания / В. В. Кошеляев, И. П. Кошеляева, Н. М. Гурьянова // Нива Поволжья. — 2021. — № 2(59). — С. 46–54.

85. Кремзин, Н. М. Удобрение и химическая мелиорация солонцовых почв Кубани, используемых под рис : специальность 06.01.04 «Агрохимия» : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Кремзин Николай Михайлович. — Москва, 1990. — 23 с.

86. Круговорот вещества в природе и его изменение хозяйственной деятельностью человека / [А. М. Рябчиков, В. Н. Солнцев, С. П. Горшков и др.] ; под ред. А. М. Рябчикова. — М. : Изд-во МГУ, 1980. — 272 с. : ил.

87. Кукушкина, В В. Влияние последействия горных пород на агрохимические показатели чернозема выщелоченного и урожайность звена севооборота : специальность 06.01.04 «Агрохимия» : дис. ... канд. с.-х. наук / Кукушкина Валерия Валерьевна. — Ставрополь, 2018. — 159 с.

88. Куликова, Е. В. Влияние мелиорации фосфогипсом на экологическое состояние черноземов Каменной степи / Е. В. Куликова, Н. С. Горбунова, Ю. А. Куликов // Вестник Воронежского гос. аграрного ун-та. — 2023. — Т. 16, № 2(77). — С. 81–89.

89. Лиманский, А. Н. Агроэкологическая эффективность применения нейтрализованного фосфогипса в богарном земледелии : специальность 06.01.04 «Агрохимия» : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Лиманский Анатолий Николаевич. — Москва, 2017. — 22 с.

90. Локтионов, М. Агроэкологическая эффективность применения нейтрализованного фосфогипса при возделывании риса / М. Локтионов, Н. Аканова // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2015. — № 1. — С. 26–30.

91. Лошаков, А. В. Мониторинг солонцеватых и солонцовых комплексов на агроландшафтах Центрального Предкавказья / А. В. Лошаков // Московский экономический журнал. — 2020. — № 9. — С. 73–78.

92. Любимова, И. Н. Влияние потенциально-опасных химических элементов, содержащихся в фосфогипсе, на окружающую среду / И. Н. Любимова, Т. И. Борисочкина ; Российская акад. с.-х. наук, ГНУ Почвенный ин-т им.

В. В. Докучаева. — Москва : ГНУ Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева РАСХН, 2007. — 46 с.

93. Манжина, С. А. К вопросу выявления химизма и степени засоления почв: российские и зарубежные практики / С. А. Манжина // Мелиорация и гидротехника. — 2021. — Т. 11, № 3. — С. 163–181.

94. Мартынюк, А. С. Экологические аспекты применения фосфогипса в лесном дорожном строительстве / А. С. Мартынюк, О. В. Зубова // Сб. ст. по материалам науч.-техн. конф. ин-та технологических машин и транспорта леса по итогам науч.-иссл. работ 2023 г. (Санкт-Петербург, 12–16 февраля 2024 г.). — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский гос. лесотехнический ун-т им. С. М. Кирова, 2024. — С. 59–64.

95. Маслов, Б. С. Справочник по мелиорации / Б. С. Маслов, И. В. Минаев, К. В. Губер. — Москва : Росагропромиздат, 1989. — 384 с.

96. Матвиенко, А. В. Сравнительная характеристика агрохимических показателей чернозёма обыкновенного солонцеватого в условиях Центрального Предкавказья / А. В. Матвиенко, Ю. И. Гречишкина // Биологизация земледелия — основа продовольственной безопасности России в длительной перспективе : сб. науч. ст. — Ставрополь, 2024. — С. 96–100.

97. Мельник, О. А. Оценка токсичности отходов методом биотестирования (при проращивании горчицы белой) / О. А. Мельник // Междунар. науч.-исслед. журнал. — 2022. — № 6-2(120). — С. 10–13.

98. Мельник, О. А. Содержание органического вещества и подвижных форм тяжелых металлов в почве при запашке горчицы белой на фоне внесения навоза КРС и фосфогипса / О. А. Мельник // Тенденции развития науки и образования. — 2022. — № 87-2. — С. 147–149.

99. Методические рекомендации по расчету технологических карт и оптимизации технологических уровней растениеводства на основе применения информационных технологий / В. И. Беспятых, А. С. Лукин, Е. В. Лукина. — Киров : Вятская ГСХА, 2008. — 63 с.

100. Методические указания : составление технологических карт в растениеводстве / Мин-во сельского хозяйства РФ, Департамент кадровой политики и образования, Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева ; сост.: проф. И. П. Моисеенков [и др.]. — Москва : Изд-во МСХА, 2007. — 47 с. : ил., табл. : 20 см.
101. Методические указания по почвенно-мелиоративному обследованию солонцовых почв / Всесоюз. произв.-науч. об-ние по агрохим. обслуж. сел. хоз-ва, Центр. ин-т агрохим. обслуж. сел. хоз-ва, Почв. ин-т им. В. В. Докучаева ; [сост. А. Ф. Харитонова и др.]. — Москва : ЦИНАО, 1987. — 74 с.
102. Методические указания по составлению проектно-сметной документации и организации работ по мелиорации солонцовых почв в Ставропольском крае / В. Г. Безсонов, Г. А. Ведяшкина, Л. Н. Петров и др. — Ставрополь, 1982. — 55 с.
103. Методические указания по экономическому обоснованию выпускной квалификационной работы для бакалавров факультета агробиологии и земельных ресурсов направления 35.03.04 «Агрономия» всех форм обучения / С. С. Вайцеховская. — Ставрополь : АГРУС, 2023. — 24 с.
104. Минахин, С. Н. Продуктивность озимой мягкой пшеницы при внесении различных доз фосфогипса / С. Н. Минахин // Аграрные конференции. — 2022. — № 4(34). — С. 5–8.
105. Минеев, В. Г. Агрохимия в Московском университете (к 150-летию кафедры агрохимии и биохимии растений) / В. Г. Минеев ; Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. — Москва, 2013. — 439 с.
106. Минералогический и химический состав фосфогипса отхода производства экстрационной фосфорной кислоты / К. Т. Жантасов, А. Ж. Зият, Б. А. Лавров [и др.] // The Scientific Heritage. — 2021. — № 78-1. — С. 24–29.
107. Мониторинг цен «АгроНовости» : [сайт]. — Режим доступа : https://agro-bursa.ru/prices.

108. Муравьев, Е. И. Перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве / Е. И. Муравьев, Е. П. Добрыднев, И. С. Белюченко // Экологический вестник Северного Кавказа. — 2008. — Т. 4, № 1. — С. 31–39.

109. Научно-практические рекомендации по применению фосфогипса нейтрализованного в качестве химического мелиоранта и серного удобрения / Р. Ф. Байбеков, И. А. Шильников, Н. И. Аканова [и др.] ; Мин-во сельского хозяйства РФ, Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т агрохимии им. Д. Н. Прянишникова. — Москва : Всерос. науч.-исслед. ин-т агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, 2012. — 56 с.

110. Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии. Т. 1. Теоретические и методические основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий : монография. — Москва : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. — 756 с.

111. Научные основы применения фосфогипса нейтрализованного в качестве поликомпонентного удобрения в рисовом севообороте / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, О. А. Гуторова [и др.] // Плодородие. — 2018. — № 1(100). — С. 38–42.

112. Недбаев, И. С. Обзор российского и мирового опыта решения экологических проблем производства, хранения, переработки и использования фосфогипса / И. С. Недбаев, Н. В. Цывкунова, Е. Ю. Елсукова // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14, № 4. — С. 10.

113. Новикова, А. В. Некоторые особенности галоморфизма, необходимые для уточнения приемов мелиорации солонцовых почв Украины // Вестник ХНАУ. — 2002. — №1. — С. 9–14.

114. Нормативы прибавки урожая сельскохозяйственных культур при внесении химических веществ и применении мелиоративных вспашек на

солонцовых почвах [Текст] : Утв. 25/V 1974 г. / Госплан СССР. Науч.-исслед. ин-т планирования и нормативов МСХ СССР. ВАСХНИЛ. Почв. ин-т им. В. В. Докучаева. — Москва : [б. и.], 1974. — 26 с. : 20 см.

115. Окорков, В. В. Использование гипса на солонцах на примере солонцовых комплексов Сев. Казахстана / В. В. Окорков ; Рос. акад. с.-х. наук, Владимир. НИИ сел. хоз-ва. — Суздаль, Иваново : НПЦ «Стимул», 2002. — 282 с.

116. Окорков, В. В. Использование фосфогипса в земледелии / В. В. Окорков // Владимирский земледелец. — 2012. — № 4. — С. 12–19.

117. Окорков, В. В. Использование фосфогипса в земледелии / В. В. Окорков // Плодородие. — 2013. — № 1(70). — С. 20–25.

118. ООО «Евротрейд» : [сайт]. — Режим доступа : https://dtgsm.ru/nefteprodukty/dizelnoe-toplivo.

119. ООО «Премьер-Агро» : [сайт]. — Режим доступа : https://pr-agro.ru.

120. Организация и проведение мониторинга безопасности при формировании отвалов фосфогипса / Ю. И. Кутепов, Н. А. Кутепова, А. В. Ковязин [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2013. — № 5. — С. 68–72.

121. Особенности применения систем удобрений под сельскохозяйственные культуры в Ставропольском крае / В. Г. Сычев, А. Н. Есаулко, В. В. Агеев [и др.] // Вестник АПК Ставрополья. — 2015. — № 2. — С. 53–66.

122. Особенности применения фосфогипса в посевах сои при орошении / К. Е. Денисов, А. В. Кравчук, И. С. Полетаев, А. А. Малышева // Аграрный научный журнал. — 2022. — № 11. — С. 15–18.

123. Оценка экономической эффективности использования нулевой технологии обработки почвы с использованием информационных технологий : монография / О. Н. Кусакина, Н. В. Банникова, Т. Н. Костюченко и др. — Ставрополь : АГРУС, 2018. — 216 с.

124. Панкова, Е. И. О проблеме оценки засоленности почв и методике крупномасштабного цифрового картографирования засоленных почв /

Е. И. Панкова, М. В. Конюшкова, И. Н. Горохова // Экосистемы: экология и динамика. — 2017. — Т. 1, № 1. — С. 26–54.

125. Патент № 2421990 C1 Российская Федерация, МПК A01M 25/00. Способ борьбы с мышевидными грызунами : № 2010101442/21 : заявл. 18.01.2010 : опубл. 27.06.2011 / И. С. Белюченко, Е. П. Добрыднев, В. В. Гукалов [и др.] ; заявитель ФГБУ ВПО «Кубанский гос. аграрный ун-т».

126. Патент № 2777666 C1 Российская Федерация, МПК A01C 21/00, A01B 79/02. Состав для повышения плодородия чернозема выщелоченного и способ его применения : № 2021135664 : заявл. 03.12.2021 : опубл. 08.08.2022 / В. С. Цховребов, Д. В. Калугин, В. И. Фаизова [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Ставропольский гос. аграрный ун-т».

127. Перспективы применения фосфогипса как химического мелиоранта в земледелии Российской Федерации / Р. В. Некрасов, Н. И. Аканова, А. Х. Шеуджен, М. М. Визирская // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2019. — № 6. — С. 93–97.

128. Пиденко, С. А. Комплексные органоминеральные удобрения и мелиоранты — экологичный подход к утилизации фосфогипса / С. А. Пиденко, Л. Г. Ловцова // Известия Саратовского ун-та. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. — 2023. — Т. 23, № 2. — С. 166–174.

129. Плотников, А. М. Продуктивность зернопарового севооборота при использовании фосфогипса и минеральных удобрений / А. М. Плотников, В. П. Тарабаев // Вестник Курганской ГСХА. — 2016. — № 3(19). — С. 44–46.

130. Побилат, А. Е. Микроэлементы в сельскохозяйственных растениях (обзор) / А. Е. Побилат, Е. И. Волошин // Микроэлементы в медицине. — 2021. — Т. 22, № 3. — С. 3–14.

131. Подколзин, А. И. Руководство по составлению проектно-сметной документации по мелиорации и разработке систем земледелия на

солонцовых землях Ставропольского края / А. И. Подколзин, А. В. Бурлай и др. — Ставрополь, 1988. — 60 с.

132. Подколзин, О. А. Научно обоснованные пути управления плодородием черноземных и серых лесных почв при различных видах химической мелиорации / О. А. Подколзин, Н. Р. Пулбери // Тенденции развития науки и образования. — 2024. — № 110-12. — С. 65–67.

133. Подход к бонитировке качества и потенциальной урожайности почв / Л. Мюллер, Ф. Ойленштейн, У. Шиндлер [и др.] // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири : монография. — В 5 т. — Т. II / под ред. В. Г. Сычева, Л. Мюллера. — Москва : Всерос. науч.-исслед. ин-т агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, 2018. — С. 16–20.

134. Получение сложных удобрений на основе карбамида как способ утилизации фосфогипса / Ю. А. Таран, В. О. Стрельникова, В. М. Фуфаева, А. М. Власова // Современные энергосберегающие тепловые и массообменные технологии (сушка, тепловые и массообменные процессы). СЭТМТ-2023 : сб. науч. тр. Восьмой Междунар. науч.-практ. конф., Рос. гос. аграрный ун-т — МСХА им. К. А. Тимирязева, 17–19 октября 2023 г. — Москва : ООО «Мегаполис», 2023. — С. 165–169.

135. Пономарева, Ю. В. Влияние фосфогипса на свойства почвы и прорастание семян озимой пшеницы / Ю. В. Пономарева, И. С. Белюченко // Экологические проблемы Кубани. — 2005. — № 27. — С. 184–192.

136. Приёмы повышения плодородия почв (известкование, фосфоритование, гипсование) : науч.-метод. реком. — М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. — 116 с.

137. Присс, О. Г. Оценка эколого-геологических условий урбанизированной территории и крупного промышленного комплекса на примере

г. Невинномысска / О. Г. Присс // Вестник Том. гос. ун-та. — 2008. — № 308. — С. 195–196.

138. Проблемы гипсования солонцовых почв в Ставропольском крае / В. Г. Сычев, Ю. И. Гречишкина, В. П. Егоров, А. В. Матвиенко // Плодородие. — 2021. — № 5(122). — С. 37–43.

139. Пронина, О. В. Оценка биологической эффективности и токсичности обесфторенного фосфогипса на базилике душистом и рапсе яровом / О. В. Пронина, М. В. Киселев // Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и обучающихся (Санкт-Петербург — Пушкин, 24–26 марта 2021 г.). — Ч. 1. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский гос. аграрный ун-т, 2021. — С. 57–59.

140. Пространственное и профильное распределение ртути в почвах естественных ландшафтов / Б. В. Александрович, Е. Д. Лодыгин, А. Н. Низовцев // Biological Communications. — 2013. — № 1. — С. 94–101.

141. Путилина, В. С. Поведение мышьяка в почвах, горных породах и подземных водах. Трансформация, адсорбция / десорбция, миграция = Arsenic behaviour in soils, rocks and groundwater. Transformation, adsorption / desorption, migration : аналит. обзор / В. С. Путилина, И. В. Галицкая, Т. И. Юганова ; Учреждение Рос. акад. наук Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния РАН, Учреждение Рос. акад. наук Ин-т геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН. — Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2011. — 249 с. – (Сер. Экология. Вып. 97).

142. Радевич, Е. В. Мелиорация темно-каштановых орошаемых солонцовых почв при возделывании сельскохозяйственных культур на территории ЮФО / Е. В. Радевич, В. П. Калиниченко // Вестник Майкопского гос. технол. ун-та. — 2011. — № 4. — С. 67–72.

143. Рекомендации по использованию фосфогипса для мелиорации солонцов / И. Н. Любимова, А. Г. Бондарев, Т. И. Борисочкина, Д. С. Булгаков [и др.]. — М. : Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2006. — 46 с.

144. Российский агропромышленный сервер «АгроСервер» : [сайт]. — Режим доступа : https://agroserver.ru.

145. Руководство по управлению засоленными почвами. План реализации Евразийского почвенного партнерства / Продовольственная и сельскохозяйственная Организация Объединенных Наций. Евразийский центр по продовольственной безопасности. — Рим : FAO, 2017. — 146 с.

146. Самонов, А. Е. Экологическое воздействие хранилищ фосфогипса и пиритных огарков на среду обитания и перспективы их комплексной переработки с получением высоколиквидной товарной продукции / А. Е. Самонов, Г. Б. Мелентьев, Ю. В. Ваньшин // Экология промышленного производства. — 2008. — № 2. — С. 65–76.

147. Семендяева, Н. В. Динамика солевого состава солонцов Барабы в течение 27–32-летнего действия гипса / Н. В. Семендяева, Н. В. Елизаров // Вестник НГАУ (Новосибирский гос. аграрный ун-т). — 2014. — № 1(30). — С. 41–46.

148. Скипин, Л. Н. Реакция семян культур-фитомелиорантов при условии природного и техногенного засоления почв и грунтов / Л. Н. Скипин, Е. В. Гаевая, С. С. Тарасова // Аграрный вестник Урала. — 2023. — Т. 23, № 2. — С. 30–40.

149. Склад пестицидов и агрохимикатов : [сайт]. — Режим доступа : https://torbor.ru.

150. Скуратов, Н. С. Химическая мелиорация орошаемых почв и их охрана / Н. С. Скуратов, Г. С. Кулинич, Л. М. Докучаева // Экологические аспекты мелиоративного строительства / Южгипроводхоз. — Ростов н/Д : Южгипроводхоз, 1990. — С. 52–58.

151. Совершенствование системы минерального питания сои в условиях орошения на темно-каштановых почвах / И. Д. Еськов, Н. В. Рязанцев,

С. Г. Лихацкая [и др.] // Инновационное развитие сельского хозяйства и актуальные подходы к подготовке кадров для АПК : сб. ст. V национальной науч.-практ. конф. (Саратов, 18 августа 2023 г.). — Саратов : ФГБОУ ВО «Саратовский гос. ун-т генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова», 2023. — С. 35–40.

152. Современные тренды развития почв солонцовых комплексов на юге степной и в полупустынной зонах в природных условиях и при антропогенных воздействиях / Е. И. Панкова, И. Н. Горохова, М. В. Конюшкова [и др.] // Экосистемы: экология и динамика. — 2019. — Т. 3, № 2. — С. 44–88.

153. Содержание и запасы органического вещества в черноземе выщелоченном Южного Предуралья при внесении помета и фосфогипса / И. М. Габбасова, Т. Т. Гарипов, М. А. Комиссаров [и др.] // Проблемы агрохимии и экологии. — 2024. — № 2. — С. 20–23.

154. Солонцовые почвы Ставрополья, их свойства и приемы улучшения / А. И. Подколзин, С. В. Беликова, А. В. Бурлай. — Ставрополь : Ставропольская краевая типография, 2004. — 320 с.

155. Составление технологических карт возделывания сельскохозяйственных культур в рамках написания курсовой работы по дисциплине «организация производства и предпринимательство в АПК» / С. С. Вайцеховская, А. Р. Байчерова, Е. Г. Пупынина, А. В. Тенищев // Совершенствование научно-методической работы в университете : сб. тр. (Ставрополь, 17 апреля 2018 г.). — Ставрополь : АГРУС, 2018. — С. 46–53.

156. Справочник агрохимика Ставрополья / П. А. Чекмарев, В. Н.Ситников, В. П. Егоров [и др.] ; [Мин-во сельского хозяйства Российской Федерации]. — Ставрополь : [б. и.], 2019. — 644 с.

157. Стукалов, Р. С. Влияние технологий возделывания и удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья : специальность 06.01.00

«Агрономия» : дис. ... канд. с.-х. наук / Стукалов Роман Сергеевич. — Ставрополь, 2016. — 150 с.

158. Сулейманов, Р. Р. Изменение физических свойств почвы при внесении фосфогипса и помета / Р. Р. Сулейманов, И. Ю. Сайфуллин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2017. – Т. 19, № 2. — С. 164–169.

159. Суфиянов, Р. Ш. Проблемы образования и использования фосфогипса / Р. Ш. Суфиянов // Тенденции развития науки и образования. — 2021. — № 78-2. — С. 99–102.

160. Сычев, В. Г. Удобрение и мелиоративные мероприятия как мощный фактор устойчивого развития земледелия / В. Г. Сычев // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования : материалы юбилейной Междунар. науч.-практ. конф. (Костяковские чтения), Москва, 10–11 апреля 2007 г. / ред. совет: Б. М. Кизяев (председатель), Л. В. Кирейчева (зам. председателя), С. Я. Безднина (зам. председателя), Г. В. Нешина (секретарь), М. А. Волынов, К. В. Губер, С. Д. Исаева, З. М. Маммаев, А. О. Щербаков, И. Ф. Юрченко. — Т. I. — Москва : Всерос. науч.-исслед. ин-т агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, 2007. — С. 359–364.

161. Тедеева, А. А. Элементы технологии возделывания озимой пшеницы в степной зоне РСО — Алания / А. А. Тедеева, В. В. Тедеева // Аграрная наука. — 2021. — № 5. — С. 56–59.

162. Теория и практика применения фосфогипса нейтрализованного в рисоводстве : методические рекомендации / А. Н. Коробка, С. Ю. Орленко, М. Н. Тимофеев [и др.] ; Всерос. науч.- исслед. ин-т риса ; Кубанский госагроуниверситет. — Краснодар : ФГБНУ «Всерос. науч.-исслед. ин-т риса», 2016. — 40 с.

163. Технология восстановления деградированных почв с использованием биомелиоранта на основе фосфогипса / Н. П. Карпенко,

Д. К. Егембердиев, А. С. Сейтказиев, Х. И. Турсунбаев // Природообустройство. — 2019. — № 1. — С. 78–83.

164. Типовые нормы выработки и расхода топлива на сельскохозяйственные механизированные работы / М-во сел. хоз-ва и продовольствия РФ. — Ч. 1 / 20 см [разраб. В. К. Попов и др.]. — Москва : Роснисагропром, 2000. — 289 с. : табл.

165. Томашевский, В. А. Использование отходов производства предприятий химической промышленности / В. А. Томашевский // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии : сб. ст. XXVI Междунар. науч.-практ. конф. (Пенза, 28–29 марта 2024 г.). – Пенза : Пензенский гос. аграрный ун-т, 2024. — С. 479–481.

166. Тонкошкур, В. А. Повышение урожайности сои на орошении путём применения мелиорантов совместно с бактериальным препаратом в условиях саратовского левобережья / В. А. Тонкошкур, И. С. Полетаев, Е. О. Воронова // Аграрные конференции. — 2024. — № 3(45). — С. 17–23.

167. Торговый Дом «РИФ» : [сайт]. — Режим доступа : https://rif-rostov.ru/price.

168. Троц, Н. М. Оценка эффективности фосфогипса в агроценозах ярового ячменя / Н. М. Троц, Н. В. Боровкова, А. А. Соловьев // Известия Самарской гос. с.-х. академии. — 2022. — № 1. — С. 3–11.

169. Троценко, И. А. Эффективность химической мелиорации солонцовых комплексов / И. А. Троценко // Каталог научных и инновационных разработок ФГБОУ ВО Омский ГАУ. Серия «Агрохимия, почвоведение, экология, природообустройство и водопользование» : сб. ст. — Омск : Омский гос. аграрный ун-т им. П. А. Столыпина, 2021. — С. 20–21.

170. Тяжёлые металлы в системе почва — растение — удобрение / Центр. ин-т агрохим. обслуживания сел. хоз-ва ; [подгот. М. М. Овчаренко и др.] ; под общ. ред. М. М. Овчаренко. — Москва : Пролетар. Светоч, 1997. — 290 с.

171. Тяжёлые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах : материалы науч.-практ. конф. (Москва, 21–24 декабря 1992 г.). — Москва : РАСХН ГНУ науч.-исслед. ин-т сельского хозяйства, 1994. — 292 с.

172. Удоденко, Ю. Г. Накопление и распределение ртути в почвах и педобионтах заповедных территорий (на примере Воронежского и Окского заповедников) : специальность 03.02.08 «Экология» : дис. ... канд. биол. наук / Удоденко Юрий Геннадьевич. — Воронеж, 2014. — 158 с.

173. Устимов, Д. В. Совершенствование системы защиты озимой пшеницы от болезней в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края : специальность 4.1.3 «Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений» : дис. ... канд. с.-х. наук / Устимов Денис Владимирович. — Ставрополь, 2023. — 365 с.

174. Утебалиева, Д. Б. Экономическая эффективность повышения плодородия почв в сельском хозяйстве / Д. Б. Утебалиева // Colloquium-journal. — 2023. — № 29 (188). — С. 11–13.

175. Утилизация фосфогипса в производстве строительных изделий / Д. Д. Бабаев, К. С. Петропавловский, В. А. Данякин [и др.] // Вестник Тверского гос. техн. ун-та. Серия: Строительство. Электротехника и химические технологии. — 2023. — № 1(17). — С. 5–13.

176. Федотова, Л. С. Агроэкологическая оценка применения фосфогипса в специализированном севообороте с картофелем на дерново-подзолистой почве / Л. С. Федотова, Е. В. Князева, Н. А. Тимошина // Вестник Международного ин-та питания растений. — 2017. — № 4. — С. 2–9.

177. Федотова, Л. С. Эффективность применения фосфогипса на дерново-подзолистой почве в севообороте с картофелем / Л. С. Федотова, Н. И. Аканова, К. С. Косодуров // Известия Самарской гос. сельскохозяйственной академии. — 2019. — № 2. — С. 41–50.

178. Холомьёва, Л. Н. Агроэкологическая оценка эффективности фосфогипса в звене севооборота с озимой и яровой пшеницей : специальность 4.1.3

«Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений» : дис. ... канд. с.-х. наук / Холомьёва Лидия Николаевна. — Москва, 2024. — 169 с.

179. Холомьева, Л. Н. Эффективность применения фосфогипса на дерново-подзолистой почве в посевах зерновых культур / Л. Н. Холомьева, М. Н. Можаренко // Современные проблемы агрохимии, агропочвоведения и агроэкологии : материалы 56-й Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, посвящ. 150-летию со дня рождения академика Константина Каэтановича Гедройца (ВНИИА) (Москва, 28 ноября 2022 г.) / под ред. А. А. Завалина. — Москва : Всерос. науч.-исслед. ин-т агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, 2023. — С. 155–161.

180. Церлинг, В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур : справочник / В. В. Церлинг. — Москва : Агропромиздат, 1990. — 235 с.

181. Цховребов, В. С. Как наполнить бочку Добенека, или проблемы применения закона Либиха в практике сельского хозяйства / В. С. Цховребов // Агрохимический вестник. — 2022. — № 4. — С. 3–8.

182. Цховребов, В. С. Современные проблемы плодородия почв Ставрополья / В. С. Цховребов, А. Н. Есаулко, А. А. Новиков // Агрохимический вестник. — 2017. — № 4. — С. 3–8.

183. Цховребов, В. С. Содержание элементов питания и урожайность сельскохозяйственных культур при внесении минеральных отходов промышленности в чернозём выщелоченный / В. С. Цховребов, Д. В. Калугин, В. И. Фаизова // Агрохимия. — 2016. — № 8. — С. 23–29.

184. Черемисина, О. В. Интенсификация процесса выщелачивания редкоземельных металлов из фосфогипса / О. В. Черемисина, А. Т. Федоров // Химия и химическая технология в XXI веке : материалы XXIII Междунар. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых им. выдающихся химиков Л. П. Кулёва и Н. М. Кижнера. — В 2 т. — Т. 1. (Томск, 16–19 мая 2022 г.). — Томск : Национальный исследовательский Томский политехн. ун-т, 2022. — С. 181–182.

185. Шеуджен, А. Х. Использование фосфогипса нейтрализованного на посевах риса в качестве поликомпонентного удобрения. Сообщение I / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского гос. аграрного ун-та. — 2015. — № 113. — С. 244–262.
186. Шеуджен, А. Х. Использование фосфогипса нейтрализованного на посевах риса в качестве поликомпонентного удобрения. Сообщение II / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского гос. аграрного ун-та. — 2015. — № 113. — С. 876–902.
187. Шильников, И. А. Состояние и эффективность химической мелиорации почв в земледелии Российской Федерации / И. А. Шильников, В. Г. Сычев, Н. И. Аканова // Плодородие. — 2013. — № 1(70). — С. 9–13.
188. Экологические проблемы сельского хозяйства Ставропольского края / А. Г. Хлопянов, В. М. Пенчуков, А. Н. Есаулко [и др.] // Аграрный вестник Северного Кавказа. — 2015. — № 2. — С. 14–20.
189. Эколого-мелиоративные приемы повышения продуктивности чернозема солонцеватого в условиях Самарской области / Н. М. Троц, А. А. Соловьев, Н. В. Боровкова, А. А. Бокова // Известия Самарской гос. сельскохозяйственной академии. — 2022. — № 4. — С. 9–15.
190. Эколого-рекреационный рециклинг фосфогипса в чернозёме на примере Краснодарского края / Н. А. Мищенко, Е. В. Громыко, В. П. Калиниченко [и др.] // Плодородие. — 2009. — № 6(51). — С. 25–26.
191. Эффективность применения фосфогипса в полевом севообороте с ячменем / К. С. Косодуров, Л. С. Федотова, Н. И. Аканова [и др.] // Плодородие. — 2018. — № 3(102). — С. 39–42.
192. Эффективность применения фосфогипса в системе питания сои / Н. И. Аканова, Л. Н. Холомьева, М. Н. Можаренко, К. Е. Денисов // Плодородие. — 2022. — № 1(124). — С. 65–68.

193. Эффективность применения фосфогипса на дерново-подзолистых почвах в посевах озимой пшеницы / Н. И. Аканова, Л. Н. Холомьева, Ю. Н. Плескачев, М. Н. Можаренко // Проблемы агрохимии и экологии. — 2024. — № 1. — С. 27–35.

194. Эффективность применения фосфогипса нейтрализованного в рисовом севообороте / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, П. Н. Хачмамук, Н. С. Галай, О. В. Зоз // Междунар. науч.-исслед. журнал. — 2016. — № 12-1 (54). — С. 163–167.

195. Эффективность различных форм фосфогипса нейтрализованного на посевах пшеницы озимой в качестве многокомпонентного удобрения / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, Х. Д. Хурум [и др.] // Плодородие. — 2024. — №6. — С. 24–29.

196. Юркова, Р. Е. Влияние способов и доз внесения фосфогипса на физические свойства почв комплексного покрова / Р. Е. Юркова, Л. М. Докучаева // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. — 2016. — № 3(23). — С. 102–115.

197. Ягодин, Б. А. Агрохимия : учебник для вузов / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 584 с.

198. Ameliorative improvement of degraded irrigated lands in the south of Kazakhstan using chemical reclamation / M. S. Mirdadayev, A. V. Basmanov, N. N. Balgabayev, N. N. Khozhanov // Почвоведение и агрохимия. — 2024. — № 3. — P. 33–43.

199. Belyuchenko, I. S. Features of mineral waste and the expediency of their use in the formation of complex composts / I. S. Belyuchenko // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. — 2014. — № 101. — P. 875–895.

200. Bennett D. R., Hecker F. J., Entz T., Greenlee G. M. 2000. Salinity and sodicity of irrigated Solonetzic and Chernozemic soils in east-central Alberta // The Canadian Journal of Soil Science. — Vol. 80. — № 1. — P. 117–125.

201. Berezin Leonid V. Scientific Basis of the Adaptive Landscape Reclamation Farming Systems // Biogeosystem Technique. — 2014a. — Vol. (1). — № 1. — P. 30–40.

202. Betti, M. Results of the European Commission Marina II Study Part II — Effects of discharges of naturally occurring radioactive material / M. Betti, Aldave De Las Heras L., A. Janssens et al. // Journal of Environmental Radioactivity. — 2004. — № 74. — P. 255–277.

203. Brauer, D & Aiken, G.E. & Pote, Daniel & Livingston, Stanley & Darrell, Norton & Way, T & Edwards, J. (2005). Amendment Effects on Soil Test Phosphorus. Journal of environmental quality. 34. 1682-6.

204. Corton, T. M. Methane emission from irrigated and intensively managed rice fields in Central Luzon (Philippines) / T. M. Corton , J. B. Bajita, F. S. Grospe et al. // Nutrient Cycling in Agroecosystems. — 2000. — № 58. — P. 37–53.

205. Darab, K. A model to predict the dissolution of CaSO4 in soil saturation extracts / K. Darab, J. Csillag // Congress of International Society of Soil Science. Hamburg. — 1986. — Vol. 2. — P. 271–272.

206. Degirmenci, N. Application of phosphogypsum in soil stabilization / N. Degirmenci, A. Okucu, A. Turabi // Building and Environment. — 2007. — № 42. — C. 3393–3398.

207. Gabhane, J. Additives aided composting of green waste: Effects on organic matter degradation, compost maturity, and quality of the finished compost / J. Gabhane, S. P. M. P. William, R. Bidyadhar et al. // Bioresource Technology. — 2012. — № 114. — C. 382–388.

208. Hilton, Julian. Phosphogypsum (PG): Uses and Current Handling Practices Worldwide. 2010. In: Proc. 25th Annual Lakeland Regional Phosphate Conference. — Lakeland, USA.

209. Khokimov, A. Use of Phosphogips in silicates / A. Khokimov // Universum: технические науки. — 2022. — № 5-11(98). — P. 55–57.

210. Korcak, R. F. High-gypsum Byproducts as Soil Amendments for Horticultural Crops. Fruit Laboratory, Beltsville Agricultural Research Center, ARS/USDA,

Beltsville, MD 20705. // HortTechnology. Apr./June — 1993. — № 3(2). — P. 156–161.

211. Mays, D. A. Crop Response to Soil Applications of Phosphogypsum / D. A. Mays, J. J. Mortvedt // Journal of Environmental Quality. — 1984. — Vol. 15. — № 1. — P. 78–81.

212. Mullins, G. L., C. C. Mitchell, Jr. Use of phosphogypsum to increase yield and quality of annual forages. Prepared By Auburn University Department of Agronomy and Soils Under a Grant Sponsored by the Florida Institute of Phosphate Research Bartow. — Florida MAY, 1990. — Pub. № 01-048-084.

213. Nayak Soumya, C. S. K. Mishra, B. C. Guru, Monalisa Rath. Effect of phos phogypsum amendment on soil physico-chemical properties, microbial load and enzyme activities // J Environ Biol. — 2011. — Sep. 32(5): 613–617.

214. Oliveira, E. L. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production / E. L.Oliveira, M. A. Pavan // Soil and Tillage Research. — 1996. — № 38. — P. 47–57.

215. Oster, J. D. Gypsum usage in irrigated agriculture / J. D. Oster // Fertilizer Research. — 1982. — V. 3. — № 1. — P. 73–89.

216. Pérez-López, R. Pollutant flows from a phosphogypsum disposal area to an estuarine environment: An insight from geochemical signatures / R. Pérez-López, F. Macías, C. Ruiz Cánovas et al. // Science of the Total Environment. — 2016. — № 553. — P. 42–51.

217. Pichugina, A. S. Appliance of biomineralization in phosphogypsum roadbed compaction / A. S. Pichugina, R. V. Vakhovskaya // Актуальные научные исследования в современном мире. — 2021. — № 11-9(79). — P. 25–31.

218. Rychkov, V. N. Recovery of rare earth elements from phosphogypsum / V. N. Rychkov, E. V. Kirillov, S. V. Kirillov et al. // Journal of Cleaner Production. — 2018. — № 196. — P. 674–681.

219. Samad, O. Investigation of the radiological impact on the coastal environment surrounding a fertilizer plant / O. Samad, M. Aoun, B. Nsouli, G. Khalaf,

M. Hamze // Journal of Environmental Radioactivity. — 2014. — № 133. — P. 69–74.

220. Saueia, C. H. R. Distribution of natural radionuclides in the production and use of phosphate fertilizers in Brazil / C. H. R. Saueia, B. P. Mazzilli // Journal of Environmental Radioactivity. — 2006. — № 89. — P. 229–239.

221. Shen, W. Investigation on the application of steel slag-fly ash-phosphogypsum solidified material as road base material / W. Shen, M. Zhou, W. Ma, J. Hu, Z. Cai // Journal of Hazardous Materials. — 2009. — № 164. — P. 99–104.

222. Shen, W. Study on lime-fly ash-phosphogypsum binder / W. Shen, M. Zhou, Q. Zhao // Construction and Building Materials. — 2007. — № 21. — P. 1480–1485.

223. Shen Yan, Jueshi Qian, Junqing Chai, Yunyan Fan. Calcium sulphoaluminate cements made with phosphogypsum: Production issues and material properties // Cement and Concrete Composites. — Vol. 48. — April 2014. — P. 67–74.

224. Tayibi Hanan, Mohamed Choura, Félix A. López, Francisco J. Alguacil and Aurora López-Delgado. Environmental impact and management of phosphogypsum (Review). — Madrid, 2012.

225. Toma, M. Long-term Effects of Gypsum on Crop Yield and Subsoil Chemical Properties / M. Toma, M. E. Sumner, G. Weeks and M. Saigusa // Soil Science Socie ty of America Journal. — 1998. — Vol. 63, № 4. — P. 891–895.

226. Toth, T. Physicochemical properties of a solonetzic toposequence / T. Toth, G. Jozefaciuk // Geoderma. — 2002. — Vol. 106, № 1. — P. 137–159.

227. Trevisi, R. Natural radioactivity in building materials in the European Union: A database and an estimate of radiological significance / R. Trevisi, S. Risica, M. D'Alessandro, D. Paradiso, C. Nuccetelli // Journal of Environmental Radioactivity. — 2012. — № 105. — P. 11–20.

228. Villa, M. Contamination and restoration of an estuary affected by phosphogypsum releases / M. Villa, F. Mosqueda, S. Hurtado et al. // Science

of The Total Environment. — Vol. 408. — Is. 1. 15 December 2009. — P. 69–77.

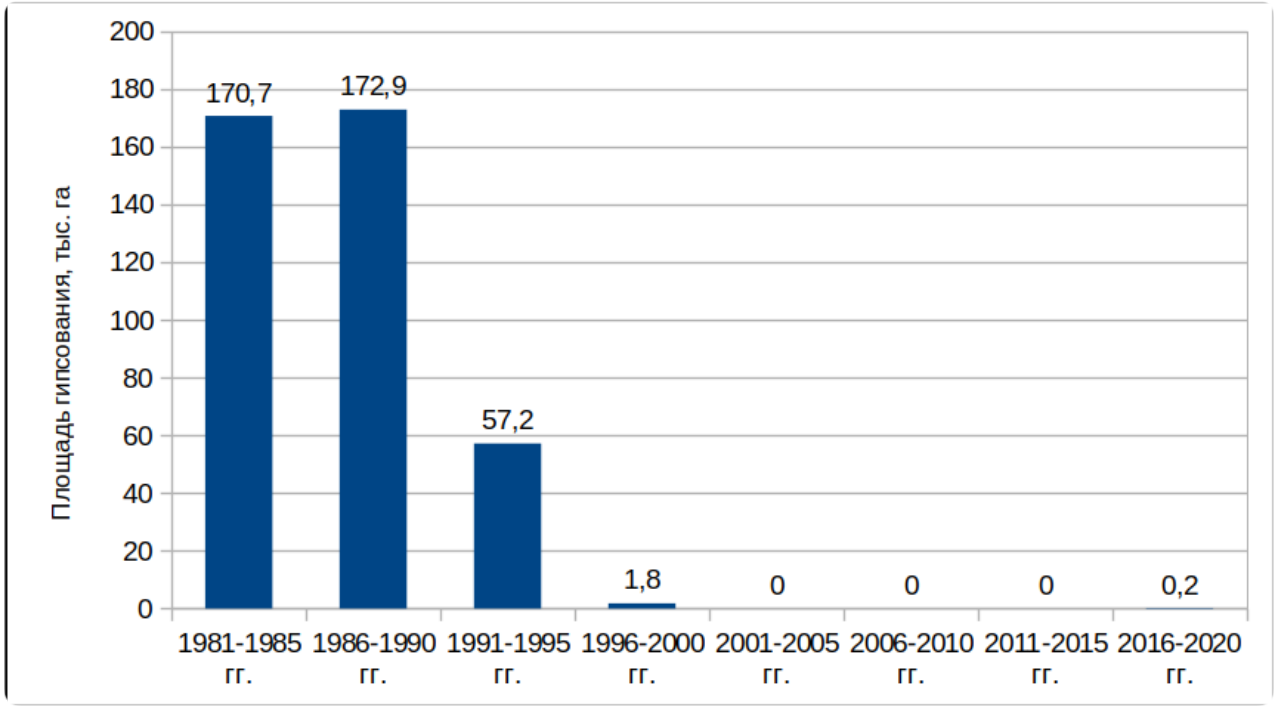
229. Wassmann, R. Characterization of methane emissions from rice fields in Asia. III. Mitigation options and future research needs / R. Wassmann, R. S. Lantin, H. U. Neue et al. // Nutrient Cycling in Agroecosystems. — 2000. — № 58. — P. 23–36.

230. Yang, F. Effects of phosphogypsum and superphosphate on compost maturity and gaseous emissions during kitchen waste composting / F. Yang, G. Li, H. Shi, Y. Wang // Waste Management. — 2015. — № 36. — P. 70–76.

231. Zakharova, T. Health cancer risk assessment for arsenic exposure in potentially contaminated areas by fertilizer plants: A possible regulatory approach applied to a case study in Moscow Region-Russia / T. Zakharova, F. Tatano, V. Menshikov // Regulatory Toxicology and Pharmacology. — 2002. — № 36. — P. 22–33.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1



Объёмы гипсования солонцов и солонцеватых почв

в Ставропольском крае

Приложение 2

Минеральный состав примесей в фосфогипсе

Элемент	Ед. измерения	Подвижные формы	Валовое содержание
Ti (титан), мг/кг	мг/кг	Н	1487 (892,2)
V(ванадий)	мг/кг	Н	<10(5)
Cr (хром)	мг/кг	1,43	37,50
Mn (марганец)	мг/кг	4,54	-
Na (натрий)	мг/кг	-	29,4
Fe (железо)	мг/кг	1260	2600 (1820)
Co (кобальт)	мг/кг	0,37	<10 (5)
Ni (никель)	мг/кг	0,44	2,90
Cu (медь)	мг/кг	Н	12,50
Zn (цинк)	мг/кг	1,36	-
As (мышьяк)	мг/кг	0,50	10,70
Sr (стронций)	мг/кг	Н	2713
Ca (кальций), г/кг	г/кг	Н	33,00
P (фосфор), г/кг	г/кг	Н	11,30
Mg (магний), г/кг	г/кг	Н	0,23
K (калий), г/кг	г/кг	Н	0,22
S (сера), г/кг	г/кг	Н	228
Pb (свинец)	мг/кг	0,9	18,00
Cd (кадмий)	мг/кг	0,0005	0,009
Ba (барий)	мг/кг	Н	40,00
Bi (висмут)	мг/кг	Н	0,20
B (бор)	мг/кг	Н	2,00
W (вольфрам)	мг/кг	Н	3,00
La (лантан)	мг/кг	Н	150,00
Mo (молибден)	мг/кг	Н	1,50
Sn (олово)	мг/кг	Н	0,30
Hg (ртуть)	мг/кг	Н	0,25
Se (селен)	мг/кг	Н	1,50
Sb (сурьма)	мг/кг	Н	0,95
Tl (таллий)	мг/кг	Н	0,03
F (фтор)	мг/кг	320	1600
Ce (церий)	мг/кг	Н	250,00
Cl (хлор)	мг/кг	Н	0,2

** Н — не определялось.*

Приложение 3

Сравнение температуры воздуха за вегетационный период со среднемноголетними показателями, t°C

Месяц	2021–2022 гг.		2022–2023 гг.		2023–2024 гг.		Среднее за 3 года	
	Значение	Δ±	Значение	Δ±	Значение	Δ±	Значение	Δ±
Август	25,0	3,6	25,8	4,4	26,2	4,8	25,7	4,3
Сентябрь	15,8	–0,5	19,3	3,0	18,8	2,5	18,0	1,7
Октябрь	8,8	–0,7	12,5	3,0	12,7	3,2	11,3	1,8
Ноябрь	5,8	2,2	6,6	3,0	8,3	4,7	6,9	3,3
Декабрь	2,0	3,2	–1,1	0,1	2,3	3,5	1,1	2,3
Январь	0,7	4,5	–0,5	3,3	2,3	6,1	0,8	4,6
Февраль	5,9	8,7	–1,5	1,3	2,9	5,7	2,4	5,2
Март	1,1	–1,2	7,8	5,5	5,0	2,7	4,6	2,3
Апрель	13,0	3,0	11,0	1,0	16,2	6,2	13,4	3,4
Май	14,2	–1,1	15,9	0,6	14,8	–0,5	15,0	–0,3
Июнь	21,8	2,7	20,7	1,6	23,7	4,6	22,1	3,0
Июль	23,0	1,3	23,6	1,9	26,2	4,5	24,3	2,6
За период	11,4	2,1	11,7	2,4	13,3	4,0	12,1	2,8

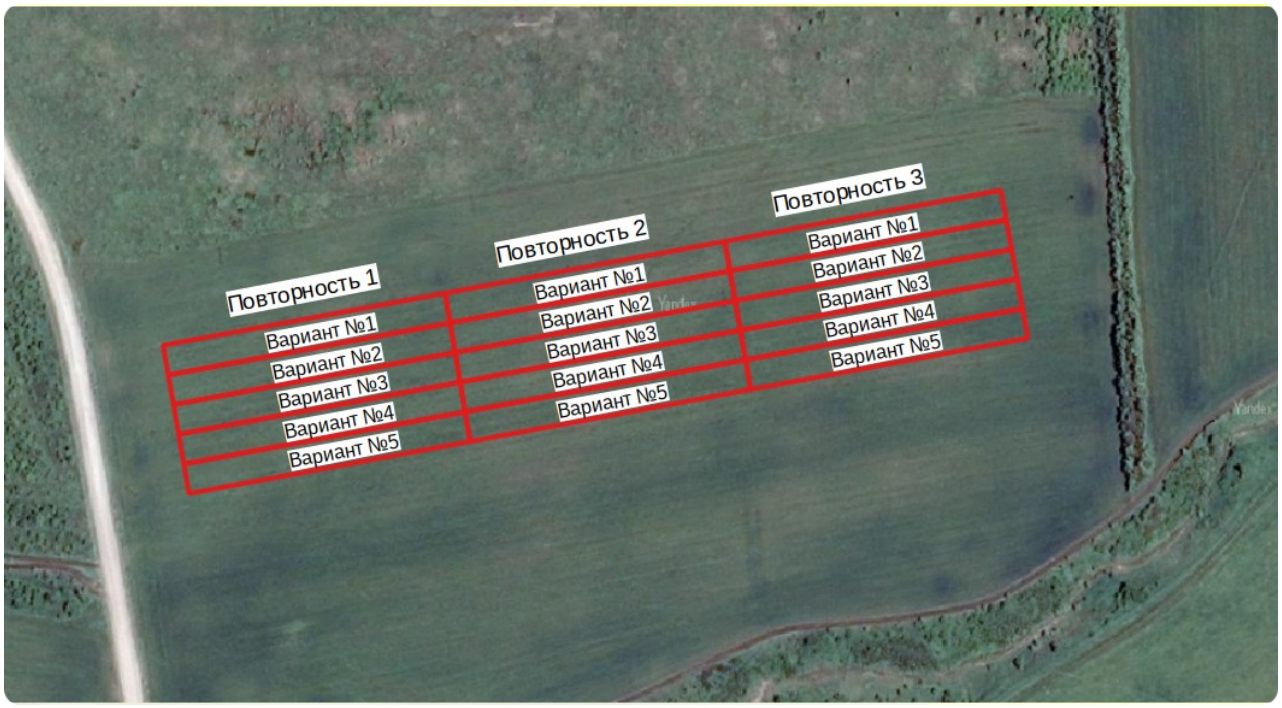
Приложение 4

Сравнение количества осадков за вегетационный период
со среднемноголетними показателями, мм

Месяц	2021–2022 гг.		2022–2023 гг.		2023–2024 гг.		Среднее за 3 года	
	Значение	% к норме	Значение	% к норме	Значение	% к норме	Значение	% к норме
Август	56	115	31	64	14	29	34	69
Сентябрь	67	198	51	150	18	53	45	134
Октябрь	53	174	82	269	17	56	51	166
Ноябрь	17	64	26	97	56	210	33	124
Декабрь	16	56	16	56	34	119	22	77
Январь	21	121	4	23	20	115	15	86
Февраль	12	70	25	146	15	88	17	101
Март	33	121	21	77	16	59	23	85
Апрель	24	46	29	56	12	23	22	42
Май	84	129	96	147	69	106	83	127
Июнь	74	94	89	113	63	80	75	95
Июль	39	60	54	83	30	46	41	63
Σ за период	496	101	524	107	364	74	461	94

Приложение 5

Схема размещения опытного участка



Приложение 6

Результаты оценки класса зерна мягкой озимой пшеницы
по содержанию клейковины

Вариант опыта	2022 г.	2023 г.	2024 г.
1.Контроль	5	5	4
2. ФГн 5 т/га	5	5	3
3. ФГн 10 т/га	5	5	3
4. ФГн 15 т/га	5	5	3
5. ФГн 20 т/га	5	5	3

Приложение 7

Соотношение кальция и стабильного стронция в зерне озимой пшеницы

Варианты	Повторение	2022 г.	2023 г.	2024 г.
1. Контроль	1	849/1	314/1	366/1
	2	982/1	224/1	313/1
	3	588/1	310/1	400/1
2. ФГн 5 т/га	1	286/1	306/1	387/1
	2	222/1	239/1	386/1
	3	636/1	221/1	354/1
3. ФГн 10 т/га	1	446/1	204/1	269/1
	2	459/1	199/1	383/1
	3	303/1	248/1	306/1
4. ФГн 15 т/га	1	169/1	214/1	320/1
	2	170/1	195/1	313/1
	3	190/1	195/1	352/1
5. ФГн 20 т/га	1	588/1	175/1	247/1
	2	292/1	185/1	287/1
	3	398/1	213/1	287/1

Приложение 8

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2022 г. (вариант – Контроль)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница	
Сорт		
Площадь	100	га
Предшественники:		
пар	100	га

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	50,1	5010
Побочная			

Норма высева семян	2,2	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Контроль**
2022 год

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: ориентировочный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов - машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов - машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов - машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов - машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повышен. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во на един. кг	Горючее: кол-во всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транспорт: количество т - км	Авто-транспорт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество коне-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электроэнергия: количество квт - ч	Электроэнергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
№	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1 6		12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0								
2	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1 5		52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8								
3	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1 4		7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9													
4	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 2		7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8								
5	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1 4		21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
6	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1 5		56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2								
7	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1 3	1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
8	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1 3	1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
9	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 3		14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7				3,6	0,8								
10	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную				1 3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6												
11	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1 6	1 4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4			3,8	3,8								
12	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1 4		7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8													
13	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 2		7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8				4,9	0,2								
14	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1 4		21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
15	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1 3		15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
16	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1 5	1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
17	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1 5		43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
18	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1 3		15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
19	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1 5	1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
20	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1 5		43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
21	Уборка	га	100					New Holland			2 6		7,0	14,3	200,0		1688,65		48247,1				21,0	21,0								
22	Транспортировка зерна, 10 км	т	501						автотранспорт																	5010						
23	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1 5		7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2				14,6	1,5								
24	Очистка зерна, 2-х кратная	т	1002					эл.двиг.	ЗАВ-40		1 4		56,0	17,9	125,3		1395,58		24970,9													
	ИТОГО	X	X	X	617,7	X	X	X	X	X	X X	X X	X	X	700,9	139,7	X	X	152440,6	19589,8			X	66,0		5010						
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	X	X	X	61,8	X	X	X	X	X	X X	X X	X	X	70,1	14,0	X	X	15244,1	1959,0			X	6,6		501						
	ВСЕГО	**X**	**X**	**X**	**679,5**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X X**	**X X**	**X**	**X**	**771,0**	**153,7**	**X**	**X**	**167684,7**	**21548,8**			**X**	**72,6**		**5511**						

Приложение 9

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2022 г. (вариант – Фон 5 т/га)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница		
Сорт			
Площадь	100	га	
Предшественники:			
пар	100	га	

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	50,6	5060
Побочная			
Норма высева семян		2,2	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Фосфогипс** **5 т/га**
2022 год

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Срок и пров ед: ориентировочный календарный срок	Срок и пров ед: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов - машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов - машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов - машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов - машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повыш вн. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во: на един. кг	Горючее: кол-во: всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транс-порт: количество т - км	Авто-транс-порт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество коне-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электр ознергия: количество квт - ч	Электр ознергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
№	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Внесение фосфогипса	га	100	15,4	73,3			New Holland	UMEGA PI 20		1 5		21,0	4,8	33,3		1535,13		7310,1				3,6	3,6								
2	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1 6		12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0								
3	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1 5		52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8								
4	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1 4		7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9													
5	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 2		7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8								
6	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1 4		21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
7	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1 5		56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2								
8	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1 3	1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
9	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1 3	1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
10	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 3		14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7				3,6	0,8								
11	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную				1 3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6												
12	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1 6	1 4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4			3,8	3,8								
13	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1 4		7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8													
14	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 2		7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8				4,9	0,2								
15	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1 4		21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
16	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1 3		15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
17	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1 5	1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
18	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1 5		43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
19	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1 3		15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
20	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1 5	1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
21	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1 5		43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
22	Уборка	га	100					New Holland			2 6		7,0	14,3	200,0		1688,65		48247,1				21,0	21,0								
23	Транспортировка зерна, 10 км	т	506						автотранспорт																	5060						
24	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1 5		7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2				14,6	1,5								
25	Очистка зерна, 2-х кратная	т	1012					эл.двиг.	ЗАВ-40		1 4		56,0	18,1	126,5		1395,58		25220,1													
	ИТОГО	Х	Х	Х	691,0	Х	Х	Х	Х	Х	Х Х	Х Х	Х	Х	735,5	139,7	Х	Х	160000,0	19589,8			Х	69,6		5060						
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	Х	Х	Х	69,1	Х	Х	Х	Х	Х	Х Х	Х Х	Х	Х	73,5	14,0	Х	Х	16000,0	1959,0			Х	7,0		506						
	ВСЕГО	**Х**	**Х**	**Х**	**760,2**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х Х**	**Х Х**	**Х**	**Х**	**809,0**	**153,7**	**Х**	**Х**	**176000,0**	**21548,8**			**Х**	**76,6**		**5566**						

Приложение 10

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2022 г. (вариант – Фон 10 т/га)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница		
Сорт			
Площадь	100	га	
Предшественники:			
пар	100	га	

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	52,4	5240
Побочная			
Норма высева семян		2,2 ц/га	

Мероприятие (вариант опыта) **Фосфогипс 10 т/га**
2022 год

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: ориентировочный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов-машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов-машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов-машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов-машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повышен. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во: на един. кг	Горючее: кол-во: всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транспорт: количество т - км	Авто-транспорт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество коне-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электроэнергия: количество квт - ч	Электроэнергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Внесение фосфогипса	га	100	15,4	73,3			New Holland	UMEGA PI 20		1	5	21,0	4,8	33,3		1535,13		7310,1				3,6	3,6									
2	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1	6	12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0									
3	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1	5	52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8									
4	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1	4	7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9														
5	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2	7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8									
6	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4	21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1									
7	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1	5	56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2									
8	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7											
9	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7											
10	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	3			14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7		3,6	0,8									
11	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную				1	3		4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6											
12	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1	6	1	4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4		3,8	3,8									
13	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1	4			7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8												
14	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2			7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8			4,9	0,2									
15	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4			21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6			3,1	3,1									
16	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4			0,9	0,3									
17	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7		3,0	0,9									
18	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1			1,2	1,2									
19	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4			0,9	0,3									
20	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7		3,0	0,9									
21	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1			1,2	1,2									
22	Уборка	га	100					New Holland			2	6			7,0	14,3	200,0		1688,65		48247,1			21,0	21,0									
23	Транспортировка зерна, 10 км	т	524						автотранспорт																	5240							
24	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1	5			7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2			14,6	1,5									
25	Очистка зерна, 2-х кратная	т	1048					эл.двиг.	ЗАВ-40		1	4			56,0	18,7	131,0		1395,58		26117,3												
	ИТОГО	Х	Х	Х	691,0	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	740,0	139,7	Х	Х	160897,1	19589,8		Х	69,6		5240						
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	Х	Х	Х	69,1	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	74,0	14,0	Х	Х	16089,7	1959,0		Х	7,0		524						
	ВСЕГО	**Х**	**Х**	**Х**	**760,2**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**813,9**	**153,7**	**Х**	**Х**	**176986,8**	**21548,8**		**Х**	**76,6**		**5764**						

Приложение 11

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2022 г. (вариант – ФГн 15 т/га)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница	
Сорт		
Площадь	100	га
Предшественники:		
пар	100	га

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	48,7	4870
Побочная			

Норма высева семян	2,2	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Фосфогипс** **15 т/га**
2022 год

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: ориентировочный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов - машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов - машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов - машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов - машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повышен. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во на един. кг	Горючее: кол-во всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транс-порт: количество т - км	Авто-транс-порт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество коне-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электроэнергия: количество квт - ч	Электроэнергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
№	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Внесение фосфогипса	га	100	15,4	73,3			New Holland	UMEGA PI 20		1 5		21,0	4,8	33,3		1535,13		7310,1				3,6	3,6								
2	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1 6		12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0								
3	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1 5		52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8								
4	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1 4		7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9													
5	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 2		7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8								
6	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1 4		21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
7	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1 5		56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2								
8	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1 3	1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
9	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1 3	1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
10	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 3		14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7				3,6	0,8								
11	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную				1 3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6												
12	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1 6	1 4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4			3,8	3,8								
13	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1 4		7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8													
14	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 2		7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8				4,9	0,2								
15	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1 4		21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
16	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1 3		15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
17	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1 5	1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
18	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1 5		43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
19	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1 3		15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
20	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1 5	1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
21	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1 5		43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
22	Уборка	га	100					New Holland			2 6		7,0	14,3	200,0		1688,65		48247,1				21,0	21,0								
23	Транспортировка зерна, 10 км	т	487						автотранспорт																	4870						
24	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1 5		7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2				14,6	1,5								
25	Очистка зерна, 2-х кратная	т	974					эл.двиг.	ЗАВ-40		1 4		56,0	17,4	121,8		1395,58		24273,1													
	ИТОГО	X	X	X	691,0	X	X	X	X	X	X X	X X	X	X	730,7	139,7	X	X	159053,0	19589,8			X	69,6		4870						
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	X	X	X	69,1	X	X	X	X	X	X X	X X	X	X	73,1	14,0	X	X	15905,3	1959,0			X	7,0		487						
	ВСЕГО	**X**	**X**	**X**	**760,2**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X X**	**X X**	**X**	**X**	**803,8**	**153,7**	**X**	**X**	**174958,2**	**21548,8**			**X**	**76,6**		**5357**						

Приложение 12

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2022 г. (вариант – ФГн 20 т/га)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница		
Сорт			
Площадь	100	га	
Предшественники:			
пар	100	га	

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	45,1	4510
Побочная			

Норма высева семян	2,2	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Фосфогипс** **20 т/га**

2022 год

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: ориентировочный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов - машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов - машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов - машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов - машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повыш.ен. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во: на един. кг	Горючее: кол-во: всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транспорт: количество т - км	Авто-транспорт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество коне-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электр энергия: количество квт - ч	Электр энергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
№	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Внесение фосфогипса	га	100	15,4	73,3			New Holland	UMEGA PI 20		1	5	21,0	4,8	33,3		1535,13		7310,1				3,6	3,6								
2	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1	6	12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0								
3	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1	5	52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8								
4	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1	4	7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9													
5	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2	7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8								
6	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4	21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
7	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1	5	56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2								
8	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7										
9	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7										
10	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	3			14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7		3,6	0,8								
11	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную					1	3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6										
12	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1	6	1	4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4	3,8	3,8								
13	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1	4			7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8											
14	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2			7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8		4,9	0,2								
15	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4			21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6		3,1	3,1								
16	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3								
17	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9								
18	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2								
19	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3								
20	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9								
21	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2								
22	Уборка	га	100					New Holland			2	6			7,7	13,0	181,8		1688,65		43861,0		19,0	19,0								
23	Транспортировка зерна, 10 км	т	451						автотранспорт																	4510						
24	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1	5			7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2		14,6	1,5								
25	Очистка зерна, 2-х кратная	т	902					эл.двиг.	ЗАВ-40		1	4			56,0	16,1	112,8		1395,58		22478,8											
	ИТОГО	X	X	X	691,0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	703,5	139,7	X	X	152872,5	19589,8		X	67,6		4510						
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	X	X	X	69,1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	70,4	14,0	X	X	15287,3	1959,0		X	6,8		451						
	ВСЕГО	**X**	**X**	**X**	**760,2**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**773,9**	**153,7**	**X**	**X**	**168159,8**	**21548,8**		**X**	**74,4**		**4961**						

Приложение 13

Производственные затраты и себестоимость озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2022 г., руб.

Показатель	Вариант опыта				
	1.Контроль	2. ФГн 5	3. ФГн 10 т/га	4. ФГн 15 т/га	5. ФГн 20 т/га
Фонд оплаты труда	480786,2	502106,5	504636,8	499435,6	482004,4
Семена	396000,0	396000,0	396000,0	396000,0	396000,0
Удобрения	755000,0	755000,0	755000,0	755000,0	755000,0
Аммофос	450000,0	450000,0	450000,0	450000,0	450000,0
Калий хлористый	180000,0	180000,0	180000,0	180000,0	180000,0
Аммиачная селитра	125000,0	125000,0	125000,0	125000,0	125000,0
Средства защиты растений	376505,0	376505,0	376505,0	376505,0	376505,0
Дивиденд Экстрим, КС	54450,0	54450,0	54450,0	54450,0	54450,0
Ирбис, ЭМВ	80000,0	80000,0	80000,0	80000,0	80000,0
Новус-Ф, КС	112740,0	112740,0	112740,0	112740,0	112740,0
Новус-Ф, КС	112740,0	112740,0	112740,0	112740,0	112740,0
Альфа Ципи, КЭ	16575,0	16575,0	16575,0	16575,0	16575,0
Фосфогипс нейтрализованный		280833,3	561666,7	842500,0	1123333,3
Топливо и ГСМ	435738,6	459498,6	459498,6	459498,6	459498,6
Амортизация	431635,5	468338,9	468338,9	468338,9	468338,9
тракторы и сельхозмашины	306635,5	343338,9	343338,9	343338,9	343338,9
комбайны	125000,0	125000,0	125000,0	125000,0	125000,0
ТОРХ	129490,7	140501,7	140501,7	140501,7	140501,7
тракторы и сельхозмашины	91990,7	103001,7	103001,7	103001,7	103001,7
комбайны	37500,0	37500,0	37500,0	37500,0	37500,0
Автотранспорт	275550,0	278300,0	288200,0	267850,0	248050,0
ИТОГО	3280706,0	3657084,0	3950347,6	4205629,7	4436031,9
Прочие затраты	164035,3	182854,2	197517,4	210281,5	221801,6
ИТОГО прямых затрат	3444741,3	3839938,2	4147865,0	4415911,2	4657833,5
Общехозяйственные расходы	344474,1	383993,8	414786,5	441591,1	465783,3
ВСЕГО затрат	3789215,4	4223932,0	4562651,5	4857502,3	5123616,8
в расчёте на 1 га посевной площади	37892,2	42239,3	45626,5	48575,0	51236,2
на 1 т основной продукции	7563,3	8347,7	8707,4	9974,3	11360,6

Приложение 14

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2023 г. (вариант – Контроль)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница	
Сорт		
Площадь	100	га
Предшественники:		
пар	100	га

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	41,8	4180
Побочная			

Норма высева семян	2,2	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Контроль**
2023 год

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: ориентировочный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов - машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов - машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов - машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов - машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повышен. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во на един. кг	Горючее: кол-во всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транс-порт: количество т - км	Авто-транс-порт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество коне-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электр. оэнергия: количество квт - ч	Электр. оэнергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
№	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1 6		12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0								
2	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1 5		52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8								
3	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1 4		7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9													
4	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 2		7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8								
5	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1 4		21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
6	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1 5		56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2								
7	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1 3	1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
8	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1 3	1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
9	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 3		14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7				3,6	0,8								
10	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную				1 3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6												
11	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1 6	1 4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4			3,8	3,8								
12	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1 4		7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8													
13	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 2		7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8				4,9	0,2								
14	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1 4		21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
15	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1 3		15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
16	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1 5	1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
17	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1 5		43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
18	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1 3		15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
19	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1 5	1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
20	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1 5		43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
21	Уборка	га	100					New Holland			2 6		8,7	11,5	160,9		1688,65		38819,5				17,0	17,0								
22	Транспортировка зерна, 10 км	т	418						автотранспорт																	4180						
23	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1 5		7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2				14,6	1,5								
24	Очистка зерна, 2-х кратная	т	836					эл.двиг.	ЗАВ-40		1 4		56,0	14,9	104,5		1395,58		20834,0													
	ИТОГО	Х	Х	Х	617,7	Х	Х	Х	Х	Х	Х Х	Х Х	Х	Х	641,0	139,7	Х	Х	138876,1	19589,8			Х	62,0		4180						
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	Х	Х	Х	61,8	Х	Х	Х	Х	Х	Х Х	Х Х	Х	Х	64,1	14,0	Х	Х	13887,6	1959,0			Х	6,2		418						
	ВСЕГО	**Х**	**Х**	**Х**	**679,5**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х Х**	**Х Х**	**Х**	**Х**	**705,1**	**153,7**	**Х**	**Х**	**152763,7**	**21548,8**			**Х**	**68,2**		**4598**						

Приложение 15

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2023 г. (вариант – ФГн 5 т/га)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница	
Сорт		
Площадь	100	га
Предшественники:		
пар	100	га

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	44,8	4480
Побочная			

Норма высева семян	2,2	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Фосфогипс 5 т/га**
2023 год

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: ориентировочный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов - машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов - машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов - машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов - машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб. Повышен. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во: на един. кг	Горючее: кол-во: всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транс-порт: количество т - км	Авто-транс-порт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество коне-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электроэнергия: количество квт - ч	Электроэнергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
		Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Внесение фосфогипса	га	100	15,4	73,3			New Holland	UMEGA PI 20		1	5	21,0	4,8	33,3		1535,13		7310,1				3,6	3,6								
2	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1	6	12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0								
3	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1	5	52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8								
4	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1	4	7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9													
5	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2	7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8								
6	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4	21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
7	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1	5	56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2								
8	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7										
9	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7										
10	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	3			14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7		3,6	0,8								
11	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную					1	3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6										
12	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1	6	1	4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4	3,8	3,8								
13	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1	4			7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8											
14	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2			7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8		4,9	0,2								
15	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4			21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6		3,1	3,1								
16	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3								
17	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9								
18	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2								
19	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3								
20	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9								
21	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2								
22	Уборка	га	100					New Holland			2	6			7,7	13,0	181,8		1688,65		43861,0		19,0	19,0								
23	Транспортировка зерна, 10 км	т	448						автотранспорт																	4480						
24	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1	5			7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2		14,6	1,5								
25	Очистка зерна, 2-х кратная	т	896					эл.двиг.	ЗАВ-40		1	4			56,0	16,0	112,0		1395,58		22329,3											
	ИТОГО	Х	Х	Х	691,0	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	702,8	139,7	Х	Х	152723,0	19589,8		Х	67,6	4480						
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	Х	Х	Х	69,1	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	70,3	14,0	Х	Х	15272,3	1959,0		Х	6,8	448						
	ВСЕГО	**Х**	**Х**	**Х**	**760,2**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**773,0**	**153,7**	**Х**	**Х**	**167995,3**	**21548,8**		**Х**	**74,4**	**4928**						

Приложение 16

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2023 г. (вариант – ФГн 10 т/га)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница	
Сорт		
Площадь	100	га
Предшественники:		
пар	100	га

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	44,9	4490
Побочная			

Норма высева семян	2,2	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Фосфогипс 10 т/га**
2023 год

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: оптимальный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов - машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов - машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов - машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов - машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повышен. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во: на един. кг	Горючее: кол-во: всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транс-порт: количество т - км	Авто-транс-порт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество конеч-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электр оэнергия: количество квт - ч	Электр оэнергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
№	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Внесение фосфогипса	га	100	15,4	73,3			New Holland	UMEGA PI 20		1	5	21,0	4,8	33,3		1535,13		7310,1				3,6	3,6									
2	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1	6	12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0									
3	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1	5	52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8									
4	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1	4	7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9														
5	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2	7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8									
6	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4	21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1									
7	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1	5	56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2									
8	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7											
9	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7											
10	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	3			14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7		3,6	0,8									
11	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную					1	3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6											
12	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1	6	1	4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4		3,8	3,8									
13	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1	4			7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8												
14	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2			7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8		4,9	0,2									
15	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4			21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6		3,1	3,1									
16	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3									
17	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9									
18	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2									
19	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3									
20	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9									
21	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2									
22	Уборка	га	100					New Holland			2	6			7,7	13,0	181,8		1688,65		43861,0		19,0	19,0									
23	Транспортировка зерна, 10 км	т	449						автотранспорт																	4490							
24	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1	5			7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2		14,6	1,5									
25	Очистка зерна, 2-х кратная	т	898					эл.двиг.	ЗАВ-40		1	4			56,0	16,0	112,3		1395,58		22379,1												
	ИТОГО	Х	Х	Х	691,0	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	703,0	139,7	Х	Х	152772,8	19589,8		Х	67,6		4490						
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	Х	Х	Х	69,1	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	70,3	14,0	Х	Х	15277,3	1959,0		Х	6,8		449						
	ВСЕГО	**Х**	**Х**	**Х**	**760,2**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**773,3**	**153,7**	**Х**	**Х**	**168050,1**	**21548,8**		**Х**	**74,4**		**4939**						

Приложение 17

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2023 г. (вариант – ФГн 15 т/га)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница	
Сорт		
Площадь	100	га
Предшественники:		
пар	100	га

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	45,5	4550
Побочная			
Норма высева семян		2,2	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Фосфогипс** **15 т/га**

2023 год

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: ориентировочный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов-машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во норм-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов-машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов-машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов-машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повыш. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во: на един. кг	Горючее: кол-во: всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транспорт: количество т - км	Авто-транспорт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество коне-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электроэнергия: количество квт - ч	Электроэнергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
		Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Внесение фосфогипса	га	100	15,4	73,3			New Holland	UMEGA PI 20		1	5	21,0	4,8	33,3		1535,13		7310,1				3,6	3,6								
2	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1	6	12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0								
3	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1	5	52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8								
4	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1	4	7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9													
5	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2	7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8								
6	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4	21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
7	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1	5	56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2								
8	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7										
9	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7										
10	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	3			14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7		3,6	0,8								
11	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную					1	3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6										
12	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1	6	1	4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4	3,8	3,8								
13	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1	4			7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8											
14	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2			7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8		4,9	0,2								
15	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4			21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6		3,1	3,1								
16	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3								
17	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9								
18	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2								
19	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3								
20	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9								
21	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2								
22	Уборка	га	100					New Holland			2	6			7,7	13,0	181,8		1688,65		43861,0		19,0	19,0								
23	Транспортировка зерна, 10 км	т	455						автотранспорт																	4550						
24	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1	5			7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2		14,6	1,5								
25	Очистка зерна, 2-х кратная	т	910					эл.двиг.	ЗАВ-40		1	4			56,0	16,3	113,8		1395,58		22678,2											
	ИТОГО	Х	Х	Х	691,0	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	704,5	139,7	Х	Х	153071,9	19589,8		Х	67,6		4550						
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	Х	Х	Х	69,1	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	70,5	14,0	Х	Х	15307,2	1959,0		Х	6,8		455						
	ВСЕГО	**Х**	**Х**	**Х**	**760,2**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**775,0**	**153,7**	**Х**	**Х**	**168379,1**	**21548,8**		**Х**	**74,4**		**5005**						

Приложение 18

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2023 г. (вариант – ФГн 20 т/га)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	**Озимая пшеница**	
Сорт		
Площадь	**100**	га
Предшественники:		
пар	**100**	га

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	**зерно**	**45,1**	**4510**
Побочная			

Норма высева семян	**2,2**	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Фосфогипс** **20 т/га**
2023 год

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: ориентировочный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов - машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов - машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов - машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов - машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повышен. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во на един. кг	Горючее: кол-во всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транспорт: количество т - км	Авто-транспорт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество коне-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электроэнергия: количество квт - ч	Электроэнергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
№	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Внесение фосфогипса	га	100	15,4	73,3			New Holland	UMEGA PI 20		1 5		21,0	4,8	33,3		1535,13		7310,1				3,6	3,6								
2	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1 6		12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0								
3	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1 5		52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8								
4	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1 4		7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9													
5	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 2		7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8								
6	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1 4		21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
7	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1 5		56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2								
8	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1 3	1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
9	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1 3	1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
10	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 3		14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7				3,6	0,8								
11	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную				1 3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6												
12	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1 6	1 4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4			3,8	3,8								
13	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1 4		7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8													
14	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 2		7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8				4,9	0,2								
15	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1 4		21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
16	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1 3		15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
17	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1 5	1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
18	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1 5		43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
19	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1 3		15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
20	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1 5	1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
21	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1 5		43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
22	Уборка	га	100					New Holland			2 6		7,7	13,0	181,8		1688,65		43861,0				19,0	19,0								
23	Транспортировка зерна, 10 км	т	451						автотранспорт																	4510						
24	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1 5		7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2				14,6	1,5								
25	Очистка зерна, 2-х кратная	т	902					эл.двиг.	ЗАВ-40		1 4		56,0	16,1	112,8		1395,58		22478,8													
	ИТОГО	Х	Х	Х	691,0	Х	Х	Х	Х	Х	Х Х	Х Х	Х	Х	703,5	139,7	Х	Х	152872,5	19589,8			Х	67,6		4510						
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	Х	Х	Х	69,1	Х	Х	Х	Х	Х	Х Х	Х Х	Х	Х	70,4	14,0	Х	Х	15287,3	1959,0			Х	6,8		451						
	ВСЕГО	**Х**	**Х**	**Х**	**760,2**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х Х**	**Х Х**	**Х**	**Х**	**773,9**	**153,7**	**Х**	**Х**	**168159,8**	**21548,8**			**Х**	**74,4**		**4961**						

Приложение 19

Производственные затраты и себестоимость озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2023 г., руб.

Показатель	Вариант опыта				
	1. Контроль	2. ФГн 5	3. ФГн 10 т/га	4. ФГн 15 т/га	5. ФГн 20 т/га
Фонд оплаты труда	442529,0	481582,7	481723,2	482566,7	482004,4
Семена	396000,0	396000,0	396000,0	396000,0	396000,0
Удобрения	755000,0	755000,0	755000,0	755000,0	755000,0
Аммофос	450000,0	450000,0	450000,0	450000,0	450000,0
Калий хлористый	180000,0	180000,0	180000,0	180000,0	180000,0
Аммиачная селитра	125000,0	125000,0	125000,0	125000,0	125000,0
Средства защиты растений	376505,0	376505,0	376505,0	376505,0	376505,0
Дивиденд Экстрим, КС	54450,0	54450,0	54450,0	54450,0	54450,0
Ирбис, ЭМВ	80000,0	80000,0	80000,0	80000,0	80000,0
Новус-Ф, КС	112740,0	112740,0	112740,0	112740,0	112740,0
Новус-Ф, КС	112740,0	112740,0	112740,0	112740,0	112740,0
Альфа Ципи, КЭ	16575,0	16575,0	16575,0	16575,0	16575,0
Фосфогипс нейтрализованный		280833,3	561666,7	842500,0	1123333,3
Топливо и ГСМ	409338,6	446298,6	446298,6	446298,6	446298,6
Амортизация	431635,5	468338,9	468338,9	468338,9	468338,9
тракторы и сельхозмашины	306635,5	343338,9	343338,9	343338,9	343338,9
комбайны	125000,0	125000,0	125000,0	125000,0	125000,0
ТОРХ	129490,7	140501,7	140501,7	140501,7	140501,7
тракторы и сельхозмашины	91990,7	103001,7	103001,7	103001,7	103001,7
комбайны	37500,0	37500,0	37500,0	37500,0	37500,0
Автотранспорт	229900,0	246400,0	246950,0	250250,0	248050,0
ИТОГО	3170398,8	3591460,1	3872984,0	4157960,8	4436031,9
Прочие затраты	158519,9	179573,0	193649,2	207898,0	221801,6
ИТОГО прямых затрат	3328918,8	3771033,1	4066633,2	4365858,9	4657833,5
Общехозяйственные расходы	332891,9	377103,3	406663,3	436585,9	465783,3
ВСЕГО затрат	3661810,6	4148136,5	4473296,6	4802444,8	5123616,8
в расчете на 1 га посевной площади	36618,1	41481,4	44733,0	48024,4	51236,2
на 1 т основной продукции	8760,3	9259,2	9962,8	10554,8	11360,6

Приложение 20

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2024 г. (вариант – Контроль)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница	
Сорт		
Площадь	100	га
Предшественники:		
пар	100	га

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	23,4	2340
Побочная			
Норма высева семян		2,2	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Контроль**

2024 год

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: оптимальный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов-машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов-машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов-машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов-машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повыш.вен. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во: на един. кг	Горючее: кол-во: всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транспорт: количество т - км	Авто-транспорт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество конне-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электроэнергия: количество квт - ч	Электроэнергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
№	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1	6	12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0								
2	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1	5	52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8								
3	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1	4	7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9													
4	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2	7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8								
5	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4	21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
6	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1	5	56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2								
7	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7										
8	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7										
9	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	3			14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7		3,6	0,8								
10	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную					1	3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6										
11	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1	6	1	4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4	3,8	3,8								
12	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1	4			7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8											
13	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2			7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8		4,9	0,2								
14	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4			21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6		3,1	3,1								
15	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3								
16	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9								
17	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2								
18	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3								
19	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9								
20	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2								
21	Уборка	га	100					New Holland			2	6			14,0	7,1	100,0		1688,65		24123,6		10,9	10,9								
22	Транспортировка зерна, 10 км	т	234						автотранспорт																	2340						
23	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1	5			7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2		14,6	1,5								
24	Очистка зерна, 2-х кратная	т	468					эл.двиг.	ЗАВ-40		1	4			56,0	8,4	58,5		1395,58		11663,1											
	ИТОГО	Х	Х	Х	617,7	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	534,1	139,7	Х	Х	115009,2	19589,8		Х	55,9		2340						
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	Х	Х	Х	61,8	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	53,4	14,0	Х	Х	11500,9	1959,0		Х	5,6		234						
	ВСЕГО	**Х**	**Х**	**Х**	**679,5**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**587,5**	**153,7**	**Х**	**Х**	**126510,1**	**21548,8**			**Х**	**61,5**		**2574**					

Приложение 21

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2024 г. (вариант – ФГн 5 т/га)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница	
Сорт		
Площадь	100	га
Предшественники:		
пар	100	га

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	26,2	2620
Побочная			
Норма высева семян		2,2	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Фосфогипс** **5 т/га**
2024 год

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: оптимальный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов - машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов - машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов - машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов - машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повыш ен. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во: на един. кг	Горючее: кол-во: всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транс-порт: количество т - км	Авто-транс-порт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество коне-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электр оэнерг ия: количество квт - ч	Электр оэнерг ия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
№	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Внесение фосфогипса	га	100	15,4	73,3			New Holland	UMEGA PI 20		1	5	21,0	4,8	33,3		1535,13		7310,1				3,6	3,6								
2	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1	6	12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0								
3	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1	5	52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8								
4	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1	4	7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9													
5	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2	7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8								
6	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4	21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
7	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1	5	56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2								
8	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7										
9	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7										
10	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	3			14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7		3,6	0,8								
11	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную					1	3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6										
12	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1	6	1	4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4	3,8	3,8								
13	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1	4			7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8											
14	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2			7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8		4,9	0,2								
15	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4			21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6		3,1	3,1								
16	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3								
17	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9								
18	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2								
19	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3								
20	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9								
21	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2								
22	Уборка	га	100					New Holland			2	6			12,6	7,9	111,1		1688,65		26804,0		11,9	11,9								
23	Транспортировка зерна, 10 км	т	262						автотранспорт																	2620						
24	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1	5			7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2		14,6	1,5								
25	Очистка зерна, 2-х кратная	т	524					эл.двиг.	ЗАВ-40		1	4			56,0	9,4	65,5		1395,58		13058,6											
	ИТОГО	Х	Х	Х	691,0	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	585,6	139,7	Х	Х	126395,3	19589,8		Х	60,5		2620					
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	Х	Х	Х	69,1	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	58,6	14,0	Х	Х	12639,5	1959,0		Х	6,1		262					
	ВСЕГО	**Х**	**Х**	**Х**	**760,2**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**644,1**	**153,7**	**Х**	**Х**	**139034,8**	**21548,8**		**Х**	**66,6**		**2882**					

Приложение 22

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2024 г. (вариант – ФГн 10 т/га)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница	
Сорт		
Площадь	100	га
Предшественники:		
пар	100	га

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	26,7	2670
Побочная			

Норма высева семян	2,2	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Фосфогипс** **10 т/га**
2024 год

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: ориентировочный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов - машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов - машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов - машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов - машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повыв вн. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во: на един. кг	Горючее: кол-во: всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транс-порт: количество т - км	Авто-транс-порт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество коне-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электроэнергия: количество квт - ч	Электроэнергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Внесение фосфогипса	га	100	15,4	73,3			New Holland	UMEGA PI 20		1	5	21,0	4,8	33,3		1535,13		7310,1				3,6	3,6									
2	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1	6	12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0									
3	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1	5	52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8									
4	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1	4	7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9														
5	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2	7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8									
6	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4	21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1									
7	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1	5	56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2									
8	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7											
9	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7											
10	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	3			14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7		3,6	0,8									
11	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную					1	3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6											
12	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1	6	1	4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4		3,8	3,8									
13	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1	4			7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8												
14	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2			7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8		4,9	0,2									
15	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4			21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6		3,1	3,1									
16	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3									
17	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7		3,0	0,9								
18	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1			1,2	1,2								
19	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4			0,9	0,3								
20	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7		3,0	0,9								
21	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1			1,2	1,2								
22	Уборка	га	100					New Holland			2	6			12,6	7,9	111,1		1688,65		26804,0			11,9	11,9								
23	Транспортировка зерна, 10 км	т	267						автотранспорт																	2670							
24	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1	5			7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2			14,6	1,5								
25	Очистка зерна, 2-х кратная	т	534					эл.двиг.	ЗАВ-40		1	4			56,0	9,5	66,8		1395,58		13307,9												
	ИТОГО	X	X	X	691,0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	586,8	139,7	X	X	126644,5	19589,8		X	60,5		2670						
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	X	X	X	69,1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	58,7	14,0	X	X	12664,5	1959,0		X	6,1		267						
	ВСЕГО	**X**	**X**	**X**	**760,2**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**645,5**	**153,7**	**X**	**X**	**139309,0**	**21548,8**		**X**	**66,6**		**2937**						

Приложение 23

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2024 г. (вариант – ФГн 15 т/га)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница	
Сорт		
Площадь	100	га
Предшественники:		
пар	100	га

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	26,7	2670
Побочная			
Норма высева семян		2,2	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Фосфогипс** **15 т/га**
2024 год

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: ориентировочный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов - машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов - машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов - машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов - машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повышен. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во: на един. кг	Горючее: кол-во: всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транспорт: количество т - км	Авто-транспорт: стоимость, руб.	Живая тягловая сила: количество конне-дней	Живая тягловая сила: стоимость всего, руб.	Электроэнергия: количество квт - ч	Электроэнергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Внесение фосфогипса	га	100	15,4	73,3			New Holland	UMEGA PI 20		1	5	21,0	4,8	33,3		1535,13		7310,1				3,6	3,6								
2	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1	6	12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0								
3	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1	5	52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8								
4	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1	4	7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9													
5	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2	7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8								
6	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4	21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
7	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1	5	56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2								
8	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7										
9	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7										
10	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	3			14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7		3,6	0,8								
11	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную					1	3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6										
12	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1	6	1	4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4	3,8	3,8								
13	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1	4			7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8											
14	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2			7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8		4,9	0,2								
15	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4			21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6		3,1	3,1								
16	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3								
17	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9								
18	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2								
19	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3								
20	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9								
21	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2								
22	Уборка	га	100					New Holland			2	6			12,6	7,9	111,1		1688,65		26804,0		11,7	11,7								
23	Транспортировка зерна, 10 км	т	267						автотранспорт																	2670						
24	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1	5			7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2		14,6	1,5								
25	Очистка зерна, 2-х кратная	т	534					эл.двиг.	ЗАВ-40		1	4			56,0	9,5	66,8		1395,58		13307,9											
	ИТОГО	Х	Х	Х	691,0	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	586,8	139,7	Х	Х	126644,5	19589,8		Х	60,3	2670						
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	Х	Х	Х	69,1	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	58,7	14,0	Х	Х	12664,5	1959,0		Х	6,0	267						
	ВСЕГО	**Х**	**Х**	**Х**	**760,2**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**645,5**	**153,7**	**Х**	**Х**	**139309,0**	**21548,8**		**Х**	**66,4**	**2937**						

Приложение 24

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2024 г. (вариант – ФГн 20 т/га)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	**Озимая пшеница**	
Сорт		
Площадь	**100**	га
Предшественники:		
пар	**100**	га

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	**зерно**	**26,4**	**2640**
Побочная			

Норма высева семян	**2,2**	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Фосфогипс 20 т/га**
2024 год

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: ориентировочный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов - машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов - машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов - машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов - машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повышен. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во: на един. кг	Горючее: кол-во: всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транс-порт: количество т - км	Авто-транс-порт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество конно-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электроэнергия: количество квт - ч	Электроэнергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Внесение фосфогипса	га	100	15,4	73,3			New Holland	UMEGA PI 20		1	5	21,0	4,8	33,3		1535,13		7310,1				3,6	3,6									
2	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1	6	12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0									
3	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1	5	52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8									
4	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1	4	7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9														
5	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2	7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8									
6	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4	21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1									
7	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1	5	56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2									
8	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7											
9	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7											
10	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	3			14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7		3,6	0,8									
11	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную					1	3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6											
12	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1	6	1	4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4	3,8	3,8									
13	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1	4			7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8												
14	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2			7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8		4,9	0,2									
15	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4			21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6		3,1	3,1									
16	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3									
17	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9									
18	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2									
19	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3									
20	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9									
21	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2									
22	Уборка	га	100					New Holland			2	6			12,6	7,9	111,1		1688,65		26804,0		11,9	11,9									
23	Транспортировка зерна, 10 км	т	264						автотранспорт																	2640							
24	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1	5			7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2		14,6	1,5									
25	Очистка зерна, 2-х кратная	т	528					эл.двиг.	ЗАВ-40		1	4			56,0	9,4	66,0		1395,58		13158,3												
	ИТОГО	Х	Х	Х	691,0	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	586,1	139,7	Х	Х	126495,0	19589,8		Х	60,5	2640							
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	Х	Х	Х	69,1	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	58,6	14,0	Х	Х	12649,5	1959,0		Х	6,1	264							
	ВСЕГО	**Х**	**Х**	**Х**	**760,2**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**644,7**	**153,7**	**Х**	**Х**	**139144,5**	**21548,8**		**Х**	**66,6**	**2904**							

Приложение 25

Производственные затраты и себестоимость озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в 2024 г., руб.

Показатель	Вариант опыта				
	1. Контроль	2. ФГн 5	3. ФГн 10 т/га	4. ФГн 15 т/га	5. ФГн 20 т/га
Фонд оплаты труда	375215,0	407328,3	408031,2	408031,2	407609,4
Семена	396000,0	396000,0	396000,0	396000,0	396000,0
Удобрения	755000,0	755000,0	755000,0	755000,0	755000,0
Аммофос	450000,0	450000,0	450000,0	450000,0	450000,0
Калий хлористый	180000,0	180000,0	180000,0	180000,0	180000,0
Аммиачная селитра	125000,0	125000,0	125000,0	125000,0	125000,0
Средства защиты растений	376505,0	376505,0	376505,0	376505,0	376505,0
Дивиденд Экстрим, КС	54450,0	54450,0	54450,0	54450,0	54450,0
Ирбис, ЭМВ	80000,0	80000,0	80000,0	80000,0	80000,0
Новус-Ф, КС	112740,0	112740,0	112740,0	112740,0	112740,0
Новус-Ф, КС	112740,0	112740,0	112740,0	112740,0	112740,0
Альфа Ципи, КЭ	16575,0	16575,0	16575,0	16575,0	16575,0
Фосфогипс нейтрализованный		280833,3	561666,7	842500,0	1123333,3
Топливо и ГСМ	369078,6	399438,6	399438,6	399438,6	399438,6
Амортизация	431635,5	468338,9	468338,9	468338,9	468338,9
тракторы и сельхозмашины	306635,5	343338,9	343338,9	343338,9	343338,9
комбайны	125000,0	125000,0	125000,0	125000,0	125000,0
ТОРХ	129490,7	140501,7	140501,7	140501,7	140501,7
тракторы и сельхозмашины	91990,7	103001,7	103001,7	103001,7	103001,7
комбайны	37500,0	37500,0	37500,0	37500,0	37500,0
Автотранспорт	128700,0	144100,0	146850,0	146850,0	145200,0
ИТОГО	2961624,8	3368045,8	3652332,0	3931845,3	4211926,9
Прочие затраты	148081,2	168402,3	182616,6	196592,3	210596,3
ИТОГО прямых затрат	3109706,0	3536448,0	3834948,6	4128437,6	4422523,2
Общехозяйственные расходы	310970,6	353644,8	383494,9	412843,8	442252,3
ВСЕГО затрат	3420676,6	3890092,8	4218443,4	4541281,3	4864775,6
в расчете на 1 га посевной площади	34206,8	38900,9	42184,4	45412,8	48647,8
на 1 т основной продукции	14618,3	14847,7	15799,4	17008,5	18427,2

Приложение 26

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в среднем за 3 года (вариант – Контроль)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница		
Сорт			
Площадь	100	га	
Предшественники:			
пар	100	га	

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	38,4	3840
Побочная			

Норма высева семян	2,2	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Контроль**

Среднее за 3 года

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: ориентировочный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов - машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов - машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов - машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов - машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повышен. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во на един. кг	Горючее: кол-во всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транспорт: количество т - км	Авто-транспорт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество коне-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электроэнергия: количество квт - ч	Электроэнергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
№	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1 6		12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0								
2	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1 5		52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8								
3	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1 4		7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9													
4	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 2		7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8								
5	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1 4		21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
6	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1 5		56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2								
7	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1 3	1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
8	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1 3	1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
9	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 3		14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7				3,6	0,8								
10	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную				1 3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6												
11	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1 6	1 4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4			3,8	3,8								
12	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1 4		7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8													
13	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 2		7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8				4,9	0,2								
14	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1 4		21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
15	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1 3		15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
16	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1 5	1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
17	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1 5		43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
18	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1 3		15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
19	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1 5	1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
20	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1 5		43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
21	Уборка	га	100					New Holland			2 6		8,7	11,5	160,9		1688,65		38819,5				17,0	17,0								
22	Транспортировка зерна, 10 км	т	384						автотранспорт																	3840						
23	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1 5		7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2				14,6	1,5								
24	Очистка зерна, 2-х кратная	т	768					эл.двиг.	ЗАВ-40		1 4		56,0	13,7	96,0		1395,58		19139,4													
	ИТОГО	Х	Х	Х	617,7	Х	Х	Х	Х	Х	Х Х	Х Х	Х	Х	632,5	139,7	Х	Х	137181,5	19589,8			Х	62,0		3840						
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	Х	Х	Х	61,8	Х	Х	Х	Х	Х	Х Х	Х Х	Х	Х	63,3	14,0	Х	Х	13718,1	1959,0			Х	6,2		384						
	ВСЕГО	**Х**	**Х**	**Х**	**679,5**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х Х**	**Х Х**	**Х**	**Х**	**695,8**	**153,7**	**Х**	**Х**	**150899,6**	**21548,8**			**Х**	**68,2**		**4224**						

Приложение 27

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в среднем за 3 года (вариант – ФГн 5 т/га)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница	
Сорт		
Площадь	100	га
Предшественники:		
пар	100	га

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	40,5	4050
Побочная			
Норма высева семян		2,2 ц/га	

Мероприятие (вариант опыта) **Фосфогипс 5 т/га**
Среднее за 3 года

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: оптимизировочный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов - машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов - машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов - машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов - машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повыш ен. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во: на един. кг	Горючее: кол-во: всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транс-порт: количество т - км	Авто-транс-порт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество конедней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электроэнергия: количество квт - ч	Электроэнергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
№	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Внесение фосфогипса	га	100	15,4	73,3			New Holland	UMEGA PI 20		1	5	21,0	4,8	33,3		1535,13		7310,1				3,6	3,6									
2	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1	6	12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0									
3	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1	5	52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8									
4	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1	4	7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9														
5	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2	7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8									
6	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4	21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1									
7	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1	5	56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2									
8	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7											
9	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1	3	1	2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7											
10	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	3			14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7		3,6	0,8									
11	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную					1	3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6											
12	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1	6	1	4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4	3,8	3,8									
13	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1	4			7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8												
14	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2			7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8		4,9	0,2									
15	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4			21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6		3,1	3,1									
16	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3									
17	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9									
18	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2									
19	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3			15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4		0,9	0,3									
20	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5	1	3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7	3,0	0,9									
21	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5			43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1		1,2	1,2									
22	Уборка	га	100					New Holland			2	6			8,7	11,5	160,9		1688,65		38819,5		17,0	17,0									
23	Транспортировка зерна, 10 км	т	405						автотранспорт																	4050							
24	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1	5			7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2		14,6	1,5									
25	Очистка зерна, 2-х кратная	т	810					эл.двиг.	ЗАВ-40		1	4			56,0	14,5	101,3		1395,58		20186,1												
	ИТОГО	Х	Х	Х	691,0	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	671,1	139,7	Х	Х	145538,3	19589,8		Х	65,6	4050							
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	Х	Х	Х	69,1	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	67,1	14,0	Х	Х	14553,8	1959,0		Х	6,6	405							
	ВСЕГО	**Х**	**Х**	**Х**	**760,2**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**738,2**	**153,7**	**Х**	**Х**	**160092,1**	**21548,8**		**Х**	**72,2**	**4455**							

Приложение 28

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в среднем за 3 года (вариант – ФГн 10 т/га)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница		
Сорт			
Площадь	100	га	
Предшественники:			
пар	100	га	

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	41,3	4130
Побочная			

Норма высева семян	2,2	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Фосфогипс 10 т/га**
Среднее за 3 года

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: ориентировочный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов - машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов - машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов - машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов - машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повышен. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во на един. кг	Горючее: кол-во всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транспорт: количество т - км	Авто-транспорт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество коне-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электроэнергия: количество квт - ч	Электроэнергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
№	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Внесение фосфогипса	га	100	15,4	73,3			New Holland	UMEGA PI 20		1 5		21,0	4,8	33,3		1535,13		7310,1				3,6	3,6								
2	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1 6		12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0								
3	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1 5		52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8								
4	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1 4		7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9													
5	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 2		7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8								
6	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1 4		21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
7	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1 5		56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2								
8	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1 3	1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
9	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1 3	1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
10	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 3		14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7				3,6	0,8								
11	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную				1 3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6												
12	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1 6	1 4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4			3,8	3,8								
13	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1 4		7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8													
14	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 2		7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8				4,9	0,2								
15	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1 4		21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
16	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1 3		15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
17	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1 5	1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
18	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1 5		43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
19	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1 3		15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
20	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1 5	1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
21	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1 5		43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
22	Уборка	га	100					New Holland			2 6		8,7	11,5	160,9		1688,65		38819,5				17,0	17,0								
23	Транспортировка зерна, 10 км	т	413						автотранспорт																	4130						
24	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1 5		7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2				14,6	1,5								
25	Очистка зерна, 2-х кратная	т	826					эл.двиг.	ЗАВ-40		1 4		56,0	14,8	103,3		1395,58		20584,8													
	ИТОГО	Х	Х	Х	691,0	Х	Х	Х	Х	Х	Х Х	Х Х	Х	Х	673,1	139,7	Х	Х	145937,0	19589,8			Х	65,6		4130						
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	Х	Х	Х	69,1	Х	Х	Х	Х	Х	Х Х	Х Х	Х	Х	67,3	14,0	Х	Х	14593,7	1959,0			Х	6,6		413						
	ВСЕГО	**Х**	**Х**	**Х**	**760,2**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х Х**	**Х Х**	**Х**	**Х**	**740,4**	**153,7**	**Х**	**Х**	**160530,7**	**21548,8**			**Х**	**72,2**		**4543**						

Приложение 29

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в среднем за 3 года (вариант – ФГн 15 т/га)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница	
Сорт		
Площадь	100	га
Предшественники:		
пар	100	га

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	40,3	4030
Побочная			
Норма высева семян		2,2	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Фосфогипс 15 т/га**
Среднее за 3 года

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: ориентировочный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов - машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов - машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов - машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов - машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб. Повыш ен. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во: на един. кг	Горючее: кол-во: всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транс-порт: количество т - км	Авто-транс-порт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество конё-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электр оэнерг ия: количество квт - ч	Электр оэнерг ия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
№	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Внесение фосфогипса	га	100	15,4	73,3			New Holland	UMEGA PI 20		1	5	21,0	4,8	33,3		1535,13		7310,1				3,6	3,6								
2	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1	6	12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0								
3	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1	5	52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8								
4	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1	4	7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9													
5	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2	7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8								
6	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4	21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
7	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1	5	56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2								
8	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1	3 1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
9	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1	3 1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
10	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	3	14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7				3,6	0,8								
11	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную				1 3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6												
12	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1	6 1 4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4			3,8	3,8								
13	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1	4	7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8													
14	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1	2	7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8				4,9	0,2								
15	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1	4	21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
16	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3	15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
17	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5 1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
18	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5	43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
19	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1	3	15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
20	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1	5 1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
21	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1	5	43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
22	Уборка	га	100					New Holland			2	6	8,7	11,5	160,9		1688,65		38819,5				17,0	17,0								
23	Транспортировка зерна, 10 км	т	403						автотранспорт																	4030						
24	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1	5	7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2				14,6	1,5								
25	Очистка зерна, 2-х кратная	т	806					эл.двиг.	ЗАВ-40		1	4	56,0	14,4	100,8		1395,58		20086,4													
	ИТОГО	Х	Х	Х	691,0	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х Х Х	Х	Х	670,6	139,7	Х	Х	145438,6	19589,8			Х	65,6		4030						
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	Х	Х	Х	69,1	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х Х Х	Х	Х	67,1	14,0	Х	Х	14543,9	1959,0			Х	6,6		403						
	ВСЕГО	**Х**	**Х**	**Х**	**760,2**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х**	**Х Х Х**	**Х**	**Х**	**737,7**	**153,7**	**Х**	**Х**	**159982,5**	**21548,8**			**Х**	**72,2**		**4433**						

Приложение 30

Технологическая карта возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в среднем за 3 года (вариант – ФГн 20 т/га)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Культура	Озимая пшеница	
Сорт		
Площадь	100	га
Предшественники:		
пар	100	га

Производство продукции		Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц
Основная	зерно	38,9	3890
Побочная			

Норма высева семян	2,2	ц/га

Мероприятие (вариант опыта) **Фосфогипс 20 т/га**
Среднее за 3 года

№	Наименование работ	Объем работ: единица измерения	Объем работ: в физическом выражении	Объем работ: эталонная сменная выработка	Объем работ: в условных эталонных, га	Сроки проведения работ: ориентировочный календарный срок	Сроки проведения работ: рабочих дней	Состав агрегата: марка трактора, комбайна, автомашин	Состав агрегата: с-х машин: марка	Состав агрегата: с-х машин: кол-во	Кол. чел. для вып. нормы: трактористов - машинистов	Кол. чел. для вып. нормы: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Норма выработки	Кол-во нормо-смен в объеме работы	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: трактористов - машинистов	Затр. труда на весь объем работ в чел. час.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифная ставка за норму руб. коп.: трактористов - машинистов	Тарифная ставка за норму руб. коп.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: трактористов - машинистов	Тарифный фонд зарп. на весь объем раб. руб.: прицепщиков и раб. конно-ручн. работ	Дополнит. оплата за качество и срок, руб.	Повышен. оплата на уборке, руб.	Горючее: кол-во: на един. кг	Горючее: кол-во: всего, ц	Горючее: стоимость всего, руб.	Авто-транс-порт: количество т - км	Авто-транс-порт: стоимость, руб.	Живая тяглов. сила: количество коне-дней	Живая тяглов. сила: стоимость всего, руб.	Электроэнергия: количество квт - ч	Электроэнергия: стоимость, руб.	Прочие прямые затраты, руб.
№	А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Внесение фосфогипса	га	100	15,4	73,3			New Holland	UMEGA PI 20		1 5		21,0	4,8	33,3		1535,13		7310,1				3,6	3,6								
2	Вспашка, 23-25 см	га	100	15,4	128,3			New Holland	KVERNELAND		1 6		12,0	8,3	58,3		1688,65		14072,1				20,0	20,0								
3	Культивация с боронованием, 6-8 см	га	100	15,4	29,6			New Holland	RUBIN		1 5		52,0	1,9	13,5		1535,13		2952,2				3,8	3,8								
4	Погрузка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	КУН-5		1 4		7,0	2,3	16,0		1395,58		3189,9													
5	Транспортировка удобрений	т	16	7,5	17,1			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 2		7,0	2,3	16,0		1153,37		2636,3				4,9	0,8								
6	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1 4		21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
7	Предпосевная культивация, 6-8 см	га	100	15,4	27,5			New Holland	Salford		1 5		56,0	1,8	12,5		1535,13		2741,3				3,2	3,2								
8	Протравливание семян	т	22					эл.двиг.	ПС-10		1 3	1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
9	Погрузка семян	т	22					эл.двиг.	ЗПС-60		1 3	1 2	25,0	0,9	6,2	6,2	1268,70	887,21	1116,5	780,7												
10	Транспортировка семян	т	22	7,5	11,8			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 3		14,0	1,6	11,0		1268,70		1993,7				3,6	0,8								
11	Загрузка семян в сеялку	т	22					вручную				1 3	4,0	5,5		38,5		975,93		5367,6												
12	Посев	га	100	15,4	41,6			New Holland	AMAZONE		1 6	1 4	37,0	2,7	18,9	18,9	1688,65	1073,52	4563,9	2901,4			3,8	3,8								
13	Погрузка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	КУН-5		1 4		7,0	0,7	5,0		1395,58		996,8													
14	Транспортировка удобрений	т	5	7,5	5,4			МТЗ-1221	2 ПТС-4		1 2		7,0	0,7	5,0		1153,37		823,8				4,9	0,2								
15	Внесение удобрений	га	100	15,4	73,3			New Holland	AMAZONE		1 4		21,0	4,8	33,3		1395,58		6645,6				3,1	3,1								
16	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1 3		15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
17	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1 5	1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
18	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1 5		43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
19	Подвоз воды и препарата	т	30	7,5	15,0			МТЗ-1221	ВР-3		1 3		15,0	2,0	14,0		1268,70		2537,4				0,9	0,3								
20	Приготовление раствора	т	30	7,5	37,5			МТЗ-1221	СТК-5		1 5	1 3	6,0	5,0	35,0	35,0	1535,13	975,93	7675,7	4879,7			3,0	0,9								
21	Внесение пестицидов	га	100	15,4	35,8			New Holland	UG 3000		1 5		43,0	2,3	16,3		1535,13		3570,1				1,2	1,2								
22	Уборка	га	100					New Holland			2 6		8,7	11,5	160,9		1688,65		38819,5				17,0	17,0								
23	Транспортировка зерна, 10 км	т	389						автотранспорт																	3890						
24	Противопожарная опашка	га	10	7,5	10,6			МТЗ-1221	ПЛН-5-35		1 5		7,1	1,4	9,9		1535,13		2162,2				14,6	1,5								
25	Очистка зерна, 2-х кратная	т	778					эл.двиг.	ЗАВ-40		1 4		56,0	13,9	97,3		1395,58		19388,6													
	ИТОГО	X	X	X	691,0	X	X	X	X	X	X X	X X	X	X	667,1	139,7	X	X	144740,8	19589,8			X	65,6		3890						
	НЕУЧТЕННЫЕ РАБОТЫ	X	X	X	69,1	X	X	X	X	X	X X	X X	X	X	66,7	14,0	X	X	14474,1	1959,0			X	6,6		389						
	ВСЕГО	**X**	**X**	**X**	**760,2**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X X**	**X X**	**X**	**X**	**733,8**	**153,7**	**X**	**X**	**159214,9**	**21548,8**			**X**	**72,2**		**4279**						

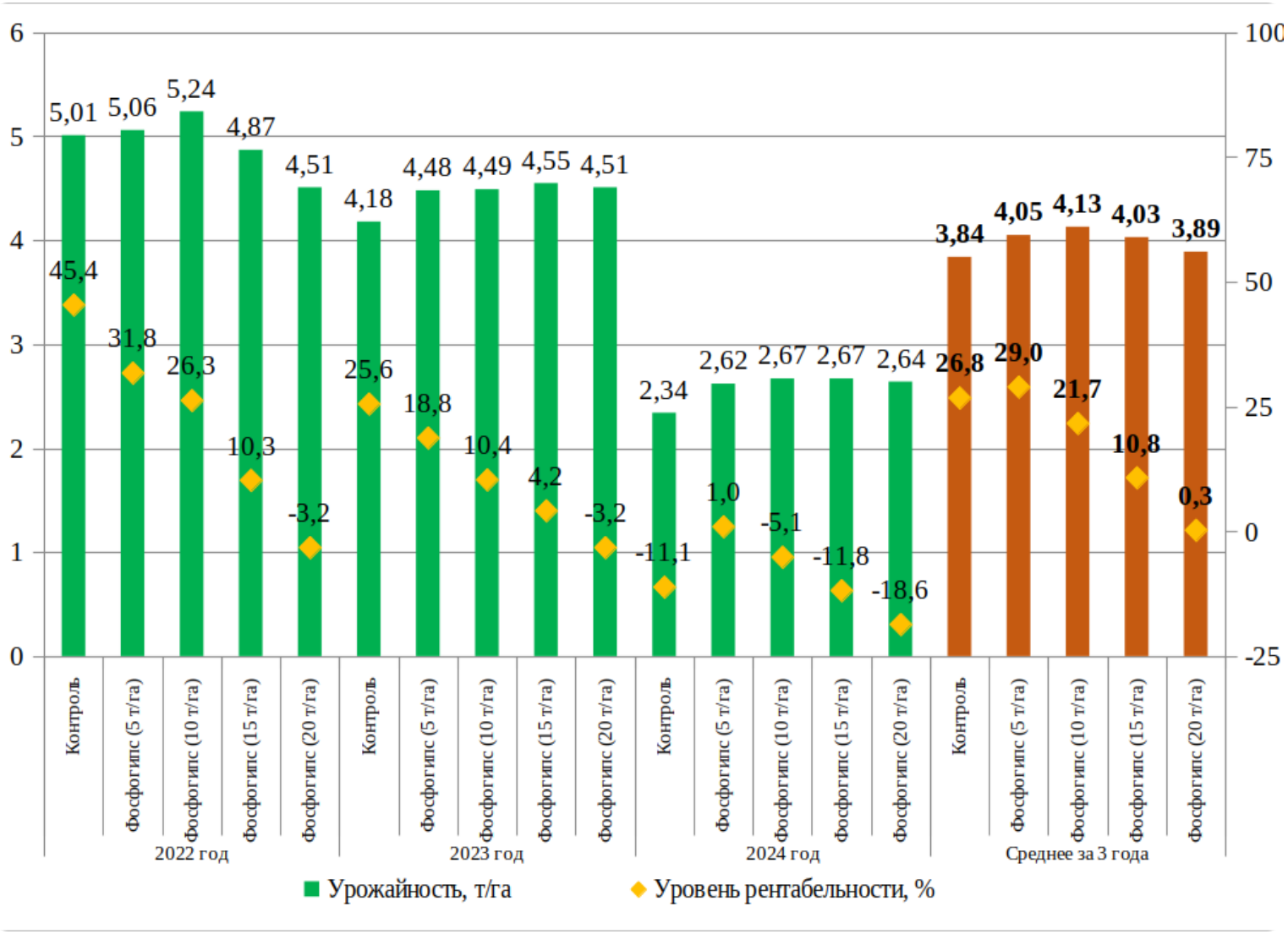
Приложение 31

Производственные затраты и себестоимость озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в среднем за 3 года, руб.

Показатель	Вариант опыта				
	1. Контроль	2. ФГн 5	3. ФГн 10 т/га	4. ФГн 15 т/га	5. ФГн 20 т/га
Фонд оплаты труда	437749,5	461319,0	462443,6	461037,8	459069,8
Семена	396000,0	396000,0	396000,0	396000,0	396000,0
Удобрения	755000,0	755000,0	755000,0	755000,0	755000,0
Аммофос	450000,0	450000,0	450000,0	450000,0	450000,0
Калий хлористый	180000,0	180000,0	180000,0	180000,0	180000,0
Аммиачная селитра	125000,0	125000,0	125000,0	125000,0	125000,0
Средства защиты растений	376505,0	376505,0	376505,0	376505,0	376505,0
Дивиденд Экстрим, КС	54450,0	54450,0	54450,0	54450,0	54450,0
Ирбис, ЭМВ	80000,0	80000,0	80000,0	80000,0	80000,0
Новус-Ф, КС	112740,0	112740,0	112740,0	112740,0	112740,0
Новус-Ф, КС	112740,0	112740,0	112740,0	112740,0	112740,0
Альфа Ципи, КЭ	16575,0	16575,0	16575,0	16575,0	16575,0
Фосфогипс нейтрализованный		280833,3	561666,7	842500,0	1123333,3
Топливо и ГСМ	409338,6	433098,6	433098,6	433098,6	433098,6
Амортизация	431635,5	468338,9	468338,9	468338,9	468338,9
тракторы и сельхозмашины	306635,5	343338,9	343338,9	343338,9	343338,9
комбайны	125000,0	125000,0	125000,0	125000,0	125000,0
ТОРХ	129490,7	140501,7	140501,7	140501,7	140501,7
тракторы и сельхозмашины	91990,7	103001,7	103001,7	103001,7	103001,7
комбайны	37500,0	37500,0	37500,0	37500,0	37500,0
Автотранспорт	211200,0	222750,0	227150,0	221650,0	213950,0
ИТОГО	3146919,3	3534346,5	3820704,4	4094632,0	4365797,3
Прочие затраты	157346,0	176717,3	191035,2	204731,6	218289,9
ИТОГО прямых затрат	3304265,3	3711063,8	4011739,6	4299363,6	4584087,1
Общехозяйственные расходы	330426,5	371106,4	401174,0	429936,4	458408,7
ВСЕГО затрат	3634691,8	4082170,2	4412913,6	4729299,9	5042495,8
в расчете на 1 га посевной площади	36346,9	40821,7	44129,1	47293,0	50425,0
на 1 т основной продукции	9465,3	10079,4	10685,0	11735,2	12962,7

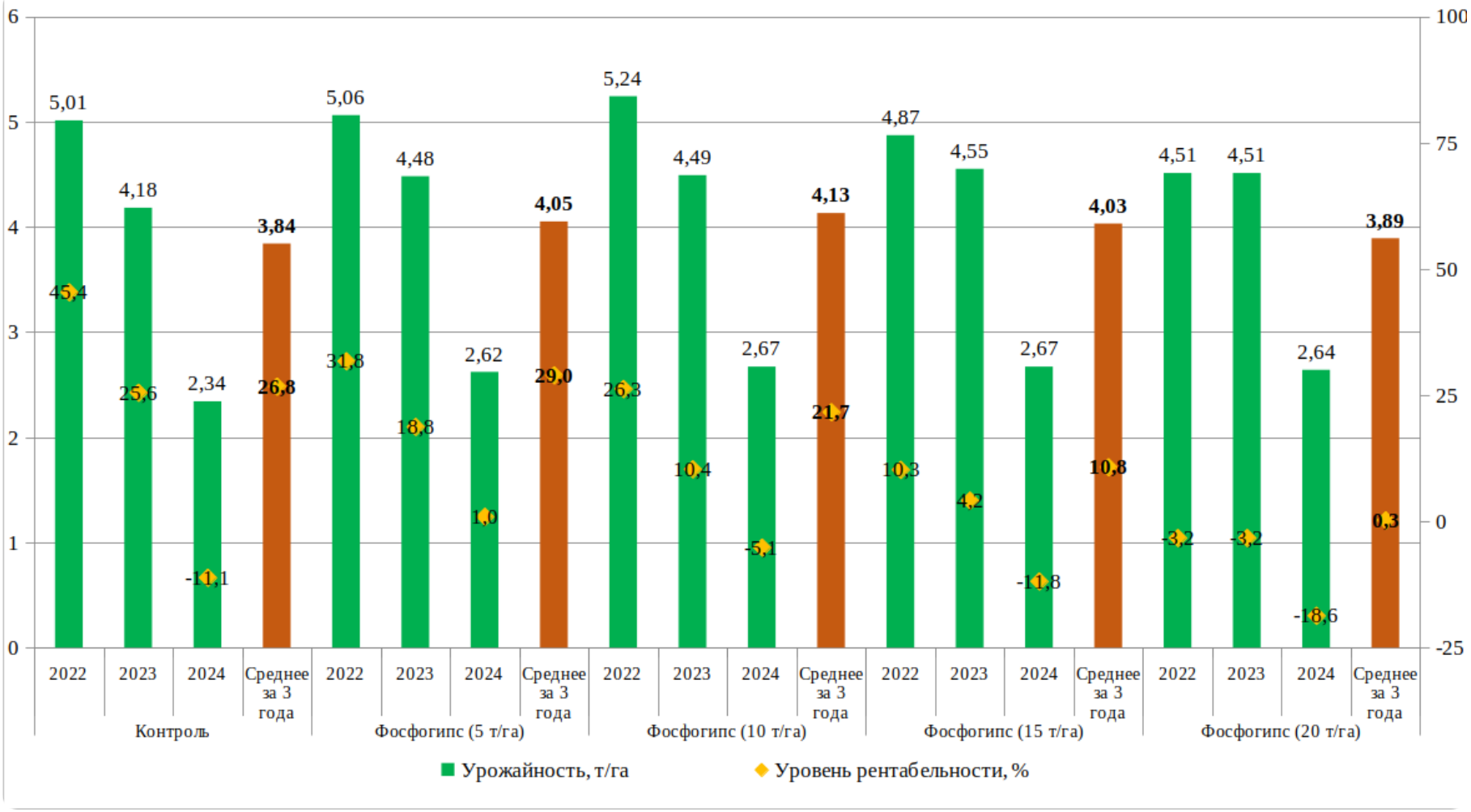
Приложение 32

Влияние фосфогипса нейтрализованного на урожайность и уровень эффективности озимой пшеницы по годам исследования



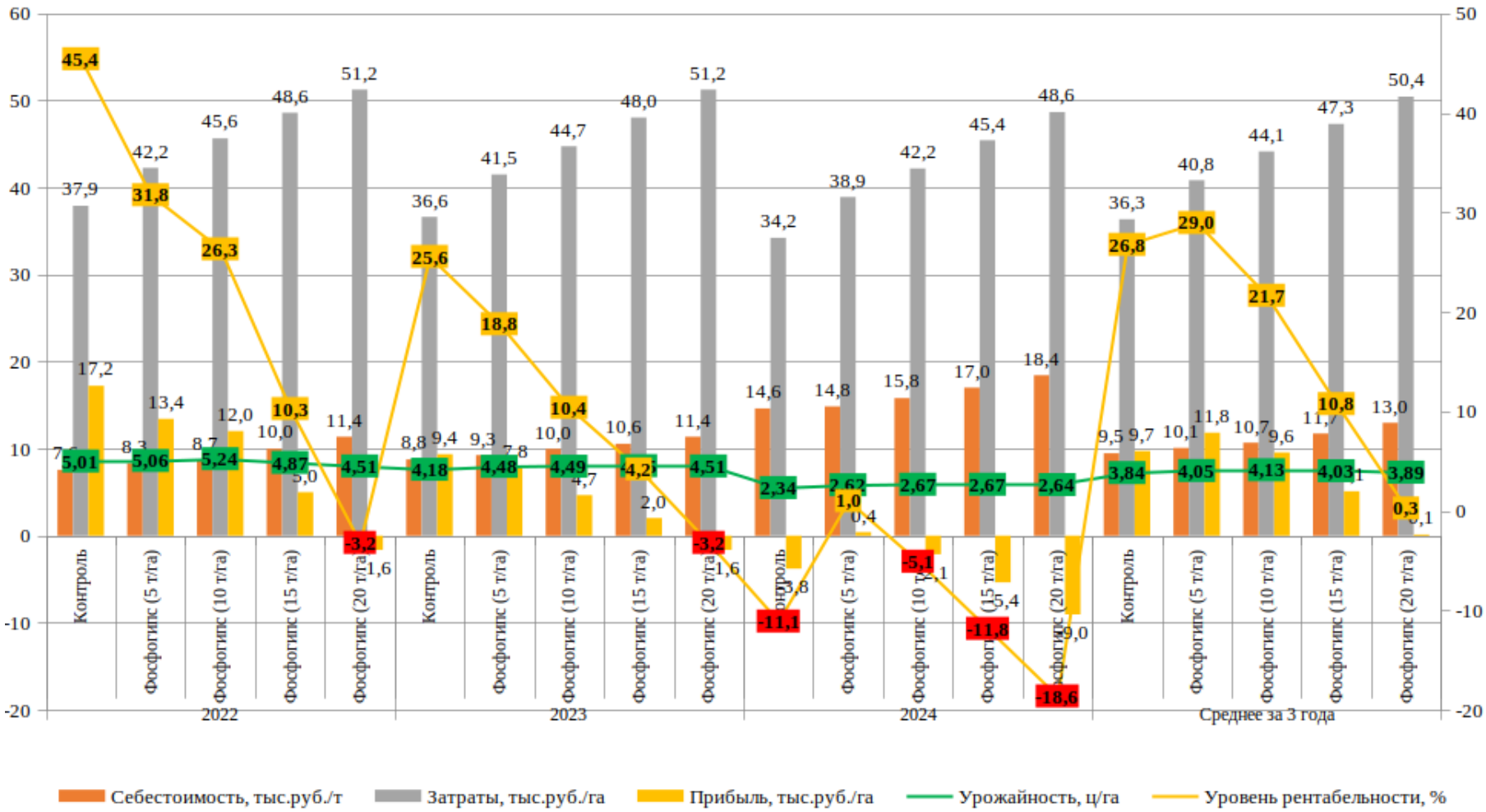
Приложение 33

Влияние фосфогипса нейтрализованного на урожайность и уровень эффективности озимой пшеницы по вариантам опыта



Приложение 34

Показатели экономической эффективности возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного



Приложение 35

Утверждаю
Проректор по научной работе и стратегическому развитию ФГБОУ ВО "Ставропольский государственный аграрный университет"
профессор
_____ Бобрышев А.Н.
"_____" _____ 20 24 г.

Утверждаю
Индивидуальный предприниматель глава К(Ф)Х Андроповского муниципального округа
_____ Сабынин Г.К.
"10" октября 20 24 г.

АКТ
внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ,

"10" октября 2024 г. №_____

МЫ, нижеподписавшиеся, представители ИСПОЛНИТЕЛЯ_____ доктор с.-х. наук, профессор РАН Есаулко А.Н., доктор с.-х. наук, профессор Гречишкина Ю.И., соискатель Матвиенко А.В. с одной стороны_____
(должность, фамилия, имя, отчество)
и представитель ИП глава К(Ф)Х Сабынин Г.К. Андроповского муниципального округа, Ставропольского края
(наименование предприятия, организации, учреждения)
глава К(Ф)Х Сабынин Г.К., с другой стороны
(должность, фамилия, имя, отчество)
составили настоящий акт о том, что в 2023-2024 году в результате проведения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ по теме: "Агроэкологическая оценка применения фосфогипса нейтрализованного на чернозёмах слабосолонцеватых Центрального Предкавказья" проведена проверка внесения расчётных доз мелиоранта фосфогипса нейтрализованного в полевом севообороте на площади 215 га. Рекомендована и внедрена расчётная доза внесения фосфогипса нейтрализованного 10 т/га, как наиболее эффективная и экономически оправданная для сельскохозяйственного производства, обеспечивающая максимальный уровень урожайности культур с сохранением уровня плодородия почвы.
(наименование процесса, машины, материалы и др.)

В результате внедрения расчётной дозы фосфогипса нейтрализованного - 10 т/га в 2023-2024 гг. произошло снижение содержания обменного магния в диапазоне от 14 до 19%, что оказало наилучший мелиоративный эффект.

Приложение 36

На черноземах обыкновенных слабосолонцеватых применение расчетной дозы фосфогипса нейтрализованного - 10 т/га в севообороте позволяет увеличить урожайность следующих культур: озимой пшеницы – на 12%; озимого ячменя – 18%. Это позволило в среднем увеличить стоимость валовой продукции на 8,1 тыс. руб./га, окупаемость 1 руб. затрат составила 1,48 руб.

Социально-экономический и научно-технический эффект: получены экспериментальные данные, позволяющие рекомендовать хозяйствам в условиях чернозёмов обыкновенных слабосолонцеватых Центрального Предкавказья внедрение расчётной дозы фосфогипса нейтрализованного – 10 т/га, что способствует повышению показателей почвенного плодородия, продуктивности с.-х. культур и экономической эффективности.

АКТ составлен в четырех экземплярах:
1-й и 3-й экз. -_____
2-й и 4-й экз. –

Представители ИСПОЛНИТЕЛЯ:
Есаулко А.Н. _____
Гречишкина Ю.И. _____
Матвиенко А.В _____

Представители ЗАКАЗЧИКА:
Сабынин Г.К. _____

Приложение 37

Утверждаю
Проректор по научной работе и стратегическому развитию ФГБОУ ВО "Ставропольский государственный аграрный университет"
профессор
_____ Бобрышев А.Н.
"14" ноября 2024 г.

Утверждаю
Генеральный директор
АО "ТПКЗ № 169"
Минераловодского городского округа
_____ Сигида М.С.
"14" ноября 2024 г.

АКТ

внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ,

"14" ноября 2024 г. №_____

МЫ, нижеподписавшиеся, представители ИСПОЛНИТЕЛЯ_____ доктор с.-х. наук, профессор РАН Есаулко А.Н., доктор с.-х. наук, профессор Гречишкина Ю.И., соискатель Матвиенко А.В. с одной стороны_____

(должность, фамилия, имя, отчество)

и представители АО "ТПКЗ № 169" Минераловодского городского округа, Ставропольского края_____

(наименование предприятия, организации, учреждения)

генеральный директор АО "ТПКЗ № 169" – Сигида М.С., главный агроном – Дубинский М.В., главный экономист – Назаренко Н.С., с другой стороны

(должность, фамилия, имя, отчество)

составили настоящий акт о том, что в 2023-2024 году в результате проведения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ по теме: "Агроэкологическая оценка применения фосфогипса нейтрализованного на чернозёмах слабосолонцеватых Центрального Предкавказья" проведена проверка внесения расчётных доз мелиоранта фосфогипса нейтрализованного в полевом севообороте на площади 142 га. Рекомендована и внедрена расчётная доза внесения фосфогипса нейтрализованного 10 т/га, как наиболее эффективная и экономически оправданная для сельскохозяйственного производства, обеспечивающая максимальный уровень урожайности культур с сохранением уровня плодородия почвы.

(наименование процесса, машины, материалы и др.)

В результате внедрения расчётной дозы фосфогипса нейтрализованного - 10

Приложение 38

т/га в 2023-2024 гг. произошло снижение содержания обменного магния в диапазоне от 18 до 25%, что оказало наилучший мелиоративный эффект.

На черноземах обыкновенных слабосолонцеватых применение расчетной дозы фосфогипса нейтрализованного -10 т/га в севообороте позволяет увеличить урожайность следующих культур: озимой пшеницы – на 14%; озимого ячменя – 21%. Это позволило в среднем увеличить стоимость валовой продукции на 9,4 тыс. руб./га, окупаемость 1 руб. затрат составила 1,29 руб.

Социально-экономический и научно-технический эффект: получены экспериментальные данные, позволяющие рекомендовать хозяйствам в условиях чернозёмов обыкновенных слабосолонцеватых Центрального Предкавказья внедрение расчётной дозы фосфогипса нейтрализованного – 10 т/га, что способствует повышению показателей почвенного плодородия, продуктивности с.-х. культур и экономической эффективности.

АКТ составлен в четырех экземплярах:
1-й и 3-й экз. -_____
2-й и 4-й экз. –

Представители ИСПОЛНИТЕЛЯ:
Есаулко А.Н. _____
Гречишкина Ю.И. _____
Матвиенко А.В _____

Представители ЗАКАЗЧИКА:
Сигида М.С. _____
Дубинский М.В. _____
Назаренко Н.С. _____