

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И.Т. Трубилина»

Факультет агрономии и экологии
Кафедра ботаники и общей экологии

НОВИЦКАЯ Кристина Викторовна

ДОПУСКАЕТСЯ К ЗАЩИТЕ
Руководитель образовательной
программы, д-р биол. наук, профессор
_____ Стрельников В. В.
_____ 2021 г.

ДОПУСКАЕТСЯ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
д-р биол. наук, профессор
_____ Криворотов С. Б.
_____ 2021 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
СЛОЖНОГО КОМПоста В СИСТЕМЕ АГРОЛАНДШАФТА
(НА ПРИМЕРЕ УЧХОЗА «КУБАНЬ»)

Направление подготовки 05.04.06 Экология и природопользование
Направленность «Экология и природопользование»

Руководитель:
канд. биол. наук, доцент _____ Ю. Ю. Никифорова

Краснодар 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА (обзор литературы).....	6
1.1 Компост и его использование в сельском хозяйстве.....	6
1.2 Факторы риска при применении промышленных и сельскохозяйственных отходов	12
1.3 Эффективность индивидуального использования отходов.....	17
1.3.1 Фосфогипс	17
1.3.2 Навоз КРС.....	20
1.4 Комплексное использование вторсырья (компостирование).....	22
2 УСЛОВИЯ, МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	26
2.1 Место проведения исследований	26
2.2 Природно-климатическая характеристика.....	27
2.3 Материалы и методы	35
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	37
3.1 Компоненты органоминерального компоста, их характеристика и свойства.....	37
3.1.1 Фосфогипс: фракционный и агроэкологический состав, свойства	37
3.1.2 Особенности полуперепревшего навоза КРС	40
3.2 Состав и свойства компоста в зависимости от соотношения его компонентов	44
3.3 Влияние органоминерального компоста на содержание нитратов в черноземе выщелоченном.....	48
3.4 Влияние сложного компоста на реакцию почвенной среды	50
3.5 Влияние компоста на концентрацию тяжелых металлов в системе изучаемого агроландшафта.....	52
3.5.1 Состав тяжелых металлов в почве полевого опыта	53

3.5.2 Содержание тяжелых металлов в почве при внесении органоминерального компоста.....	54
3.6 Влияние органоминерального компоста на санитарно-гигиенические показатели почвы	56
ВЫВОДЫ.....	58
МЕРОПРИЯТИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА ИССЛЕДУЕМОМ ОБЪЕКТЕ (рекомендации производству).....	59
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	61
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	68

ВВЕДЕНИЕ

Экологическая безопасность приобретает все большую важность в последнее время. Общество стремительно истощает резервы Земного Шара и вырабатывает внушительный объем отходов. Стихийное совершенствование энерго- и научно-технической мощности в мире повергло окружающую среду в критическое состояние загрязненности, неподдающееся самовосстановлению.

Значительная доля площадей в нашем государстве отведена под места захоронения отходов, которые захламляют своими вредоносными газами, продуктами фильтрации и прочими выбросами среду обитания.

Органические и неорганические остатки различного происхождения непременно должны перерабатываться для улучшения почвенного плодородия, столь значимого в биосфере. Направление на сохранность и безопасность природы крайне важна, особенно в сфере аграрной промышленности.

Разработка и внедрение различных технологий обращения с отходами и значительное сокращение объемов крупнотоннажного хранения актуальны для всех регионов РФ, преимущественно для Кубани. Это объясняется наличием черноземных почв, остро деградирующих в последнее 50-тилетие: снижение количества гумуса на 1/3 от исходного содержания (0,05% в год); упадок его качественного состава при прогрессирующем количестве фульвокислот и регрессирующем – гуминовых; территориальное нарастание эродированной пашни.

Разработка и использование высокопродуктивного компоста представляется главным направлением в индустрии управления отходами и их переработки. Они помогают защитить экосистемы, повысить плодородие почвы, возродить природоохранные функции, обогатить питательными веществами аграрные культуры и т. д.

Применение органических компостных продуктов на основе отходов животноводства и промышленности, в частности, фосфогипса, кроме благоприятного влияния на окружающую среду, сопровождается экологическими рисками.

Как правило, речь идет о накоплении в почве токсичных веществ, которое может привести к частичной или полной потере эффективности почвы, ухудшению санитарных и гигиенических показателей и других причинах. Применение фосфогипса (ФГ) также способствует повышению кислотности среды.

Пыление ФГ, наличие патогенных организмов и прочие загрязнители, образующиеся при обращении с отходами способны вызывать воздухозагрязнение, ингибирование растений и др. последствия. Потенциальным воздействием на здоровье людей выступают различного рода аллергии, заболевания, интоксикации и иной дискомфорт.

Актуальность темы вытекает из важности контроля за содержанием загрязняющих веществ в почвах аграрных ландшафтов при использовании компостов на базе отходов.

Цель – оценка факторов экологического риска при использовании сложного компоста в системе агроландшафта (на примере учхоза «Кубань»).

Задачами послужило изучение:

- 1) компонентов органоминерального компоста, их характеристики и свойств;
- 2) состава и свойств компоста в зависимости от соотношения его компонентов;
- 3) влияния органоминерального компоста на содержание нитратов в черноземе выщелоченном;
- 4) влияния сложного компоста на реакцию почвенной среды;
- 5) влияния компоста на концентрацию тяжелых металлов в системе изучаемого агроландшафта;
- 6) влияния органоминерального компоста на санитарно-гигиенические показатели почвы.

Новизна и практическая значимость аргументирована отсутствием аналогичных исследований; агроэкологической безопасностью предлагаемого сочетания промышленных и биоотходов при их компостировании; закономерным совершенствованием свойств изучаемой ландшафтной системы.

1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА (обзор литературы)

1.1 Компост и его использование в сельском хозяйстве

Органический подход к земледелию, заключающийся в искусстве создания и применения различных сложноорганизованных компостов, издавна известен аграриям. В настоящее время после длительного застоя в данной области природопользования (в связи с повышенной химизацией), отмеченного в трудах R. Carson и других, мы возвращаемся к истокам, а так же разрабатываем новые технологии переработки ценных компонентов и последующего смешивания их в компостное вещество [4, 46].

Согласно устоявшемуся мнению, отраженному многими учеными, процесс образования компоста сопровождается выделением большого количества тепла и вовлечением термофильной микрофлоры, которые ускоряют преобразование органических и минеральных веществ, насыщая субстрат биогенными элементами и гумусом. Особенность сложного компоста так же связана со следующими способностями:

- 1) угнетение и отмирание сорной растительности и организмов, имеющих отрицательную гигиеническую оценку, при помощи кислых или щелочных отходов;
- 2) обезвреживание разнообразных ПАВ;
- 3) преобразование ТМ, пестицидов, выделяющихся углекислот и других частиц в соединения, к которым растениям трудно получить доступ, а ценнейших для них макро- и микроэлементов наоборот;
- 4) улучшение физико-химических и водных характеристик почвогрунтов (мелиорант);
- 5) уменьшение содержания целлюлозы и пектиновых веществ [19, 22].

В ряде научных трудов выражено единое мнение: состав питательной смеси должен включать не только продукты животноводства, растениеводства, дерево- и с.-х. переработки (органические), но и бытовые, торфяные, промышлен-

ленные. Это объясняется наличием в них достаточного количества углеродных, азотных, калийных, фосфорных соединений, которые напитывают компост и повышают его ценность для почвы [8, 10].

В обзорном труде Н. М. Жирмунской подчеркнуто: компост – не только источник перегноя, он является еще иместилищем биоорганизмов (богатство микрофлоры и -фауны, дождевых червей). Они, как известно, способствуют улучшению водо- и воздухопроницаемости субстрата, его оструктурированию [15].

В зависимости от состава и пропорций ученые выделяют следующие основные типы сложных компостов:

1) торфяные (с навозом, жижей, фекалиями, минерально-аммиачной смесью, растениями, золой и др.);

2) навозно-почвенные и дерново-навозные;

3) пометные (с почвой, лигнином, навозом, торфом, растительными остатками);

4) из бытовых и промышленных отходов;

5) смешанные (сборно-садовые), состоящие из влагоемкого материала, бытовых и сельскохозяйственных отходов. Каждый слой такого компоста поливается фекальной массой или водой и покрывают землей (5-7 см). Как правило, такой компост носит частный характер;

б) вермикомпосты (черви: Калифорнийские, Дендробена, Старатель) [7, 18].

Таким образом, компост по завершении приготовления становится обладателем уникальных качеств.

Вне зависимости от типа, состава и используемой технологии компоста, готовый субстрат должен характеризоваться земляным запахом, сыпучестью и темной окраской [39]. Ниже мы рассмотрим критические аспекты формирования сложных компостов.

Отношение углерода к азоту – ключевой показатель активности и точности компостирования, который при значениях от 20 до 30 признан наилучшим для осуществления микробных процессов. Навоз КРС более остро отзывается на изменение концентрации C/N [19].

Другими немаловажными требованиями для формирования компостов выступают:

- 1) влажность;
- 2) температура;
- 3) аэрация;
- 4) кислотность (рН от 6,7 до 7,0) и наличие микробных ценозов, спор грибов.

Представители FAO и Центра обучения, консультации и инновации (ЦОКИ), другие естествоиспытатели высказали мнение о взаимосвязи вышеуказанных условий для ускорения разложения органики почвенными микробиологическими организмами и получения качественного компоста [9, 34].

Процесс компостирования является аэробным, т. е. протекает при неотъемлемом наличии кислорода (15,8-18,5 %). Он необходим микробам для активации обмена веществ и дыхания. Аэрация может осуществляться посредством перемешивания компоста вручную, перелопачиванием, также можно прибегать к помощи техники или активно прокалывать бурт железным стержнем.

Размеры бурта и подложка для компостируемого материала довольно существенны для воздухопроницаемости, поэтому его стоит укладывать рыхло, а дно укрыть 20-30-ти сантиметровым слоем «дышащих» компонентов (солома, сухая покрошенная листва, торф, опилки, щепки и др.). Высота штабеля допустима в пределах от 1,2 до 1,8 м, а ширина в основании от 1,5 до 2,5 м [19].

Влагообеспеченность оказывает немалое влияние на процесс биodeградации органических и других компонентов в составе сложного компоста. Ее оптимальное значение варьирует от 50 до 60 % и находится в зависимости от происхождения и агрегатного сложения частиц.

Компостирование протекает с образованием воды за счет жизнедеятельности микроорганизмов, которая, испаряясь, утрачивается. Нельзя допускать снижения влаги $\leq 20-30$ % и превышения ее содержания $\geq 65-70$ %, так как происходит инактивация (прекращение) бактериальной деятельности и ограничение кислородной диффузии в штабеле соответственно. При этом значительно снижается процесс разложения органики и сопровождается зловонием.

Если влагопотери существенны, появляется потребность в ее восполнении путем полива водой, жидкими отходами или добавлением активного ила в зависимости от технологии. Наличие влаги определяется на ощупь или при помощи современного прибора в виде щупа, который также измеряет уровень освещенность и рН. Условно влажность компоста признается приемлемой, если при нажатии на него выделяется 1-3 капли воды [34].

Еще одним необходимым условием успешного образования сложного компоста указана температура, которая должна поддерживаться на уровне 35-58 градусов по Цельсию. Именно такой диапазон способствует подавлению патогенных микроскопических организмов и развитию микроорганизмов-деструкторов, аммонификаторов, актиномицетов, олиготрофов и др.

«Здоровье» компостной смеси предопределяет показатель кислотности. Уровень рН определяется активностью кислотообразующих бактерий и других представителей микробного мира, способных разлагать сложные углеродсодержащие субстраты (полисахариды и (геми-) целлюлозу) до более простых органических кислот. Изначальный контроль кислотности и щелочности вовлекаемых компонентов также влияет на рН. Зрелый компост должен иметь нейтральную (7,0) или же близкую к ней реакцию среды в интервале 6,78-6,90 [9].

Таким образом, в зависимости от потребностей выращиваемых в хозяйстве культур, возможно изготовление компоста с заранее заданными характеристиками. Это позволяет назвать его универсальным удобрением. Дополнительными достоинствами являются гармоничный симбиоз с почвой, сокращение объемов отходов, экологическая безопасность, доступность материалов и вытекающая из этого экономическая выгода в сравнении с более дорогостоящими минеральными удобрениями.

Наращивание интереса к компостированию в последнее время порождает и способы его приготовления ранее неизвестные в научном мире. Способы компостирования отличаются друг от друга вложенными усилиями, временным промежутком до полной готовности, используемыми средствами и местом. Непреложными условиями признаны естественность и поэтапный строгий кон-

троль над ходом биологического процесса.

Классификация общепризнанных учеными основных методов представлена в схеме ниже (рис. 1).



Рисунок 1 Схема способов приготовления компостов

Место для открытого складирования отходов должно отвечать следующим требованиям: удаленность от солнечных лучей, защищенность от ветра, асфальтированная дорожка или площадка (допускается вариант размещения на очищенной от дернины и хорошо разрыхленной земле в углублении до 30 см); разграниченность по степени приготовления.

Для затенения рядом высаживают живые изгороди из кустарников, которые будут формировать гумус и поглощать, испарять влагу. Можно также декорировать легкую ограду веток плетня, опорных реек с вьющимися растениями и т. д. [49].

Если говорить о компостохранилищах, то стоит отметить их обширное разнообразие: самодельные (из шифера, металлической или пластмассовой сетки,

кирпича, досок и др. подручных материалов); бочки или плотный полиэтиленовый мешок; ведро; готовые баки (заводские термокомпостеры); анаэробные установки и закрытые реакторы (аэрируемые подачей горячего воздуха) и др.

Любая компостная система для удобства должна иметь отверстия по бокам, проветриваемое днище, камерное разделение (сбор, разложение и созревание, готовый), легко открывающуюся крышку или дверь, осуществляемые доступ к готовому компосту. Выбор площадки или емкости под компост зависит от размера участка, личных предпочтений и масштаба производства. Правда в последнее время предпочтение отдается продающимся компостным бакам в силу наименьшей занимаемой площади, мобильности, отсутствия неприятного запаха и др. преимуществ [34].

Многие исследователи обнаружили, что компост и органический навоз благотворно влияют на свойства сельскохозяйственных земель. При выращивании различных культур улучшаются природные свойства, сохраняется органический материал и увеличивается количество микроорганизмов. Все это способствует повышению урожайности [4, 8].

Применение компоста на практике обладает рядом направлений:

- 1) сельскохозяйственное (удобрение и подкормка плодовоовощных культур, мульчирование);
- 2) декоративное (при озеленении приусадебных и парковых зон);
- 3) технологическое (топливные брикеты).

Способы использования компоста выделяются в научных трудах зависимо от степени его готовности: полуразложившийся и созревший. Рекомендуется добавлять компост полуразложившийся в легкие почвы, а выдержанный – в глинистые тяжелые. Для сохранения важнейших свойств компост следует разбрасывать по поверхности почвы, запахивать на глубину 10-13 см, поскольку именно он наиболее воздухопроницаем. Заделку осуществляют как вручную (граблями, лопатой, мотыгой), так и техникой (культиватором и др.) [15, 39].

Привнесение высоких концентраций компоста недопустимо – это может навредить почве и растениям, способствуя их интоксикации и кислородному

голоданию. Последнее пагубное влияние объясняется накоплением органики, которая провоцирует интенсивное потребление воды [26].

1.2 Факторы риска при применении промышленных и сельскохозяйственных отходов

Противоречия между биосферой и технологическими процессами, замеченные во всем мире на протяжении многих лет, ставят вопрос об изменении модели развития (парадигмы) и предлагают развивать технологии, подобные природным [17].

Госпрограммой экономики отмечено, что за минувшие 30 лет в России пробудился неприемлемый процесс деградации, вызванный недальновидным подходом к аналитическим проблемам состояния и использования сельскохозяйственных земель.

Отсутствие тактических принципов будущего регулирования плодородия почв также повлияло на регрессию в области экобезопасности [3].

Кроме упомянутых нарушений исследователи отметили снижающиеся биологический, популяционный, структурно-химический составы сельскохозяйственных земель, которые определяют их биоразнообразие. Существующий метод расчета количества и преумножение вносимых минеральных туков не являются эффективными [4, 5].

Даже самые лучшие в мире почвы – черноземы в агрокультуре (преимущественно орошаемой) – деградируют, приобретают иллювиально-элювиальную структуру почвенного профиля, характеризуются чрезмерным уплотнением (плотность $\geq 1,57 \text{ т/м}^3$), осолонцеванием и образованием глыбистых горизонтов [41].

Отмечено, что отработанные поры – ключевые слагаемые почвенного объема (до 95 %), а это усугубляет процесс агрегирования естественных дисперсных систем и негативно сказывается на гармонии органоминерального состава почвы [17, 38].

Украинскими учеными также отмечается рост неудовлетворительных признаков в плане поддержания и воспроизводства почвенного плодородия: прекращение биологических процессов в подпахотных горизонтах, нарушении элювиальных и иллювиально-аккумулятивных ЭПП. Проявляется это не только в сельскохозяйственных агроценозах, городских ландшафтах, но и других ПТК [21, 45].

Вызовы XXI века требуют фундаментального переосмысления парадигмы технологической активности в биосфере с акцентом на устойчивость, продуктивность, рекреационное качество, привлекательность для жизни, интеграцию технологий, близких к природе, и, соответственно, технологических решений, не имеющих аналога на данном этапе.

Органические животноводческие отходы и фосфогипс безоговорочно признаны побочной продукцией производственного процесса. Органические удобрения – самое важное звено в круговороте и балансе частиц минеральных туков и органики в агросекторе. И, если различные формы навоза издавна применяются в общемировом фермерском хозяйстве, то такой вторичный материал как ФГ нетрадиционен и по-прежнему изучается, что является причиной недоверия к нему как к удобрительному материалу.

Изыскательская деятельность по вопросу добавления в почвенный комплекс гипсосодержащего отхода промышленности активно проводится как в пределах Федерации, так и за кордоном: Белоруссия, Украина, Казахстан, Австралия, США, Дания, Финляндия и др. [17, 25, 30].

В вегетационном опыте по токсичности и возможности использования для покрытия ОФГ различных субстратов, проводимых в «Почвенном институте им. В. В. Докучаева» получили следующие заключения: ФГ в чистом виде от ОАО «ЕвроХим-Белореченские минеральные удобрения» и ОАО «Апатит» являются подавляюще токсичными веществами, негативно влияющими на жизнь растений из-за своей высокой кислотности. Прямое воздействие связано с неспособностью растений производить рассаду вследствие чрезмерно подкисленной почвы; косвенное – с резким увеличением подвижности этих веществ, ощущимо гнетущих вегетацию агрокультур [13].

Поскольку ОФГ идентифицируется не только как носитель ценных соединений, но и как кладёшь радиоактивных компонентов, вод с кислой реакцией, его «свежее» употребление недопустимо. Об этом свидетельствуют результаты научных трудов многих авторов, объясняя тем самым непопулярность данного отхода [33, 37].

Нарушение правил использования и многотоннажное складирование на длительный период скотоводческих отходов чревато резким ухудшением экологической обстановки путём нитратного и вирулентного заражения всех сред обитания. Прямое применение органики в качестве удобрения на полях не приносит позитивных результатов, что подтверждено рядом аграриев-практиков. Исследования о возможности внесения свежеполученных помета, жижи и навоза с отсутствующей подстилкой (особенно при превышении дозировки) отразили результаты об усилении дегумификации, эрозионных процессов в почве и многочисленных загрязнениях [24].

Ряд авторов рекомендуют с осторожностью вносить свежий навоз, а лучше и вовсе воздержаться от этого, парируя следующими аргументами:

1) на начальном этапе разложения в результате многочисленных химических реакций в почвогрунт выделяется множество газов, азотистых соединений губительных для корневой системы растений и их плодов: незначительная концентрация отравляет культуру, а при повышенной посева утрачивают жизнеспособность;

2) тепло, выделяемое в период динамичной стадии разложения, «сжигает» близкорасположенную к фекальным массам скота корневую структуру, отрицательно сказывается на всхожести и, как следствие, урожайности плодово-овощного, зернопропашного продовольствия;

3) свежий навоз способствует кальциевой обедненности, усилению почвенная кислотность;

4) наличие условно патогенной микрофлоры, яиц гельминтов (выживаемость от 15 до 480 дней) и прочих вирулентов провоцирует вспышки заболеваний животных, и, нередко, человека;

5) не перевариваемые семена сорных растений, способные сохранять всхожесть при попадании в почву, и размножающиеся споры грибов, не только заполняют и поражают всё вокруг, но и могут вовсе истребить растения и, естественно, урожай;

б) применение чистого навоза влияет на физические свойства почвогрунта, вызывая излишнюю аэрацию почвы, вредную для засушливых районов, а содержащиеся в нем остаточные концентрации дезинфицирующих веществ и медикаментов подавляют биоактивность почвы и гумусообразование в ней [42, 50].

Наглядно перечисленные нами последствия и сравнение натуральных удобрений по степени их наступления представлены на таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение экологических рисков от «чистого» внесения органики

Вид влияния	Степень влияния													
	Удобрения на основе ОСВ, ТБО				Бесподстильный навоз, помет				Твердые органические удобрения			Зеленые удобрения, растительные остатки, торф		
	Стоки коммунальные	Стоки промышл. предприятий	Осадки сточных вод	Твердые бытовые отходы	Стоки навозные, пометные	Жидкий навоз, помет	Полужидкий навоз, помет	Жижка навозн.	Подстильный навоз, помет	Твердая фракция	Компосты	Солома	Сидераты	Торф
Загрязнение почвы	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Загрязнение воды	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Загрязнение воздуха	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Деградация гумуса	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ухудшение фитосанитарн. сост. посевов	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Увеличение засоренности полей	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Снижение качества с.-х. продукции	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Увеличение уровня заболеваемости	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

влияние отсутствует
 незначительное влияние
 значительное влияние
 сильное влияние

Если проанализировать табличные данные, то «зеленые» удобрения можно признать наиболее безопасными, а основанные на стоковых и бытовых отходах, жидкие выделения птиц и скота – критическими загрязнителями при внесении исходного компонента в почву.

Интересующие нас твердые органические удобрения занимают промежуточное положение, а сильнейшее влияние они оказывают на засоренность и фитосанитарное состояние сельхозугодий. Компосты на основе твердой, подстилочной фракции помета и навоза, последние отходы по отдельности наряду с торфом и соломой способствуют гумусообразованию и накоплению его в почве. Прочие рассматриваемые органические структуры проявляют деградиционное влияние на данный показатель.

Химические соединения, выбросы мест складирования отходов и промышленных заводов, патогенные микроорганизмы и другие категории загрязнителей, поступающие в почву, воды и атмосферу относятся к экологическим факторам риска и для населения. Потенциальное воздействие на организм человека экофакторов, возникающих при обращении с отходами органоминерального происхождения, и источники их поступления приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Подверженность человеческого организма факторам риска

Фактор риска	Потенциальное воздействие на здоровье	
	малое поступление	чрезмерная интоксикация
ТМ	Аллергические реакции, ослабление мозговой деятельности и способности концентрироваться, невротоксичное воздействие	Отрицательное влияние на работоспособность жизненно важных органов (почки, сердце и др.), на функции эндокринной и репродуктивной систем, канцерогенное воздействие
Микроорганизмы	Различные инфекции и заболевания, которые сопровождаются нарушениями функции ЖКТ, головными болями, жаром и головокружением, раздражением кожного покрова и др.	
NO ₃ ⁻ (NO ₂)	Головные боли, нарушение метаболизма и сердечного ритма, кислородное голодание, снижение концентрации йода в организме и др.	Развитие нарушений слухового и зрительного аппарата, увеличению онкоклеток
Пути воздействия		
Прямые	Поступление в систему пищеварения и дыхательные пути частиц почвы (пыли), кожные контакты, вдыхание веществ, испаряющихся из почвы (в особенности внутри помещений)	
Опосредованные	Попадание в органы пищеварения с продуктами растениеводства, животноводства и рыбноводства, полученных на загрязненных почвах, употребление загрязненной питьевой воды, использование текстиля, производимого из сельскохозяйственного сырья, непосредственный контакт с отходами и продуктами переработки	

1.3 Эффективность индивидуального использования отходов

1.3.1 Фосфогипс

Влияние на физические и агроэкологические свойства почвы. Исследования, направленные на изучение влияния фосфогипса на свойства черноземных и других типов почвенных разностей, ведутся с давних времен, уже успели накопиться обширные результаты, доказывающие его эффективность.

Лабораторными, вегетационными, полевыми и производственными опытами ряда естествоиспытателей установлено заметное влияние промышленного отхода апатитовых руд на физико-механические и агрохимические черты почвенных образований:

1) в лесостепной части Курганской области изменилось Ca : Mg соотношение с 1,2 до 6,8, повлиявшее удовлетворительно на микрочастицы, слагающие почвенный субстрат, здесь же последствием на 4-8-ом годах внесения послужило преуменьшение почвоуплотненности до 1,11 г/см³, уровень макроэлемента Ca возрос, а Na, напротив, снизился;

2) нормы в 3,5, 5,0 и 7,4 т/га на выщелоченном черноземе отвечали изменением физико-химических свойств почв (ЕКО = 35,2-43,8 мг-экв/100 г, Н_г = 97,6-99,3 %, содержание гумуса – 2,85 %), нейтрализацией обменной кислотности и оптимизацией биометрии фаунистического сообщества, а впоследствии и урожайности, упрочнение кальций-магниевого питания;

3) благодаря способности к слипанию мелкодисперсных частиц наблюдается стабилизация органоминеральных комплексов, сопротивление к элюированию ценных элементов [2].

Муравьев Е. И. (2010) также констатировал, что характерные свойства физико-химического состава ОФГ позитивно сказываются на агрофизических почвенных чертах (рыхлость, воздухопроницаемость, содержание физглины, способность удерживать влагу и пр.) и их элементном составе при норме внесения в 7-12 т/га [25].

Проведенные в 2015-2017 гг. практические испытания о мелиорировании сельскохозяйственных земель побочным продуктом фосфоритных пород в дозах 7, 13, 22 %, исходом которых послужила перемена в лучшую сторону показателей пластичности, предела прочности и оструктуренности почвы [2, 6, 13].

Влияние на накопление токсикантов в почвах. Анализы фосфогипса как аккумулятора радиации и ТМ в плодородных землях не выявил превышение ПДК по Cu, Cd, Ni, Zn и другим элементам-загрязнителям, не отмечено также и повышения радиации (при дозах 3-5 т/га и 20-38 т/га). Это подтверждается мнениями ученых-агрономов, связывающих результаты с высокой буферностью почвы и большим выносом микроэлементов агрокультурой, который не восполняется удобрениями и самим мелиорантом. Однако, в ходе опытов, все же было зафиксировано наращивание подвижных форм некоторых тяжелых элементов [17].

На Кавказе было установлено, что применение ФГ до 35-38 т/га не вызывает загрязнения почвы фтором, а обработка из расчета 3-7 т/га может снизить загрязнение черноземной почвы ТМ. Это доказывает относительную экологическую безопасность мелиоранта на основе переработанной продукции фосфоритной породы [25].

Влияние на растительность. В научной литературе, журналах и сборниках неисчислимы агроэкологических конференций встречаются результаты оценочных опытов, касающихся способности дигидрата кальциевого сульфата изменять качественные характеристики растений в период вегетации и их продукцию, в регионах Западного Предкавказья, Центрального Черноземья и др.

В них заключена крайне важная мысль о том, что ОФГ не является чужеродным субстратом для растений даже при отсутствии специальных приёмов рекультивации за счет наличия благоприятных свойств для формирования растительного покрова.

В качестве примеров приведем выводы, содержащиеся в практических материалах агрономов-экологов:

- 1) побочный продукт фосфоритных пород (8-41 т/га) на нечерноземных

почвах наращивает урожайность пропашных культур на 2,3-5 %, а на обыкновенных черноземах – 10,7 %;

2) вблизи буртов отхода отмечены случаи гигантизма у одуванчика, стихийное восхождение, оживленность и нормальное развитие представителей флоры;

3) эффективность фосфогипса в посевах агрокультур была доказана сезонными полевыми испытаниями. Использование отхода под кукурузу 6-10 т/га дало мощные темпы развития кукурузы и ее корневой системы, повысило урожайность на 2,9 % и долю белка в зерне на 0,8 %, а нитратов в нем убавило; 2-4,6 т/га под озимые сорта пшеницы улучшало качество зерна и биометрические значения, угнетало развитие сорняков.

4) ввиду достаточного наличия серы и кремния в своем составе, ФГ способен с лихвой покрыть потребность возделываемых растений в данных элементах [27, 49].

Фосфогипс как мелиорант. Перспективность внесения фосфогипса для мелиорации солонцовых почв доказана еще во времена СССР учеными-естествоиспытателями различных регионов, она достигается благодаря кальциевым запасам в составе ОФГ. Последние выступают регуляторами кислотно-щелочного баланса и фиксаторами почвенных мицелл, образованных сочетанием глины и гумуса.

Многочисленными научными сотрудниками, проводившими оценку природной способности ФГ к улучшению почв в советскую эпоху, а также нашими современниками были получены результаты о благом воздействии двойного гидрата сульфата кальция на почвы с избыточным натриевым содержанием в иллювиальном горизонте:

1) приращение Са-ионов в ППК усиливает слипаемость дисперсных частиц, образование гуматов, питание макро- и микроэлементами культур;

2) совершенствуется влагоемкость и пористость почвы, удаляются продукты обменных реакций, а также избыток токсичных солей, ростовые процессы, урожайность сельхозкультур, а также их качественные и количественные

характеристики (масса 1000 семян, кустистость, число зёрен и пр.);

3) признан источником S-ионов, избавляющим растительные сообщества от недостатка элемента, и результативным мелиорантом солонцеватых почв с высоким содержанием натрия [6, 17].

Ученые различных регионов проводили опыты на черноземных солонцах, каштановых, песчаных почвах и сероземах, характеризующихся сульфатно-хлоридным засолением, и добились аналогичных последствий от ФГ:

1) применение 10-13 т/га $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ убавило концентрацию Na-ионов в агрокультуре, приумножив Ca^{2+} ;

2) непрерывное мелиорирование дозой 11-14,5 т/га поспособствовало росту урожайности злаковых (на 4,5-8,7 ц/га) и пропашных культур (на 25-33,2 ц/га);

3) наблюдается дополнительный приток Si-ионов, что необычайно примечательно в связи с оттоком их при вегетации сельскохозяйственных растений, т.к. опытные почвы и так обеднены кремниевыми запасами;

4) на песчаных почвах угнетает водный сольволиз органических веществ, помогает структурообразованию, снижает слитизацию, а также развивает бонитетные признаки [17].

Эффективность применения нейтрализованного ФГ подтверждается учеными-практиками Кубанского ГАУ имени И. Т. Трубилина. Он существенно сокращает процесс загрязнения почвогрунта машинным маслом и нефтяными смесями, а на 3-4 год исследований прежде сверхповрежденный участок откликнулся всхожестью и лучшей жизнеспособностью проростков агрокультур [16].

Отличными от предыдущих были полевые опыты об обоснованности применения ОФГ в качестве предпосевной обработки семян, в которых Чумаченко и Ковалева еще в далеком 1989 году констатировали эффективность со стороны оптимизации снабжения растений микроэлементами [17].

1.3.2 Навоз КРС

Навоз и помет – это естественные отходы животных, но они также явля-

ются ценным ресурсом, который при правильной обработке можно использовать в качестве сырья для производства удобрений, торфа, кормовых добавок и подстилки для скота.

Положительное влияние отходов фермерских животных, обусловленное их свойствами, отмечено отечественными авторами. На исследуемых ими черноземных, дерново-подзолистой почвах улучшаются физические (структурообразование, водно-воздушный режим) и химические свойства (повышение содержания органического вещества, запаса подвижных питательных элементов). Возделываемые культуры в свою очередь лучше вегетируют и формируют корневую систему, плодородность их также растет [26, 30, 44].

Многие эксперименты научно-исследовательских институтов и передовые методы ведения сельского хозяйства показывают, что:

1) рост продуктивности культурной растительности Нечерноземной зоны, таких как зерновые и корнеклубнеплоды, осуществляется привнесением от 19,5 до 30 т/га навоза в первый год на 5-10 ц/га (в зависимости от культуры), а в последующие – 1,5-2 ц/га суммарно;

2) полуперепревший подстилочный навоз при систематическом его внесении насыщает гумусом, магнием-, кальций-, натрий-ионами (V, %) и общим азотом почвы вне зависимости от их типа и региона внесения, ослабляет кислотность, как обменную, так и гидролитическую, также способствует реконцентрации подвижных алюмо-марганцевых форм;

3) песчаные и супесчаные почвы приобретают способность к сопротивлению внешним усилиям по разделению, обладают большей поглотительной и буферной способностью, легче удерживают воду и питательные вещества, а глинистые почвы под воздействием органики становятся достаточно рассыпчатыми, водо- и воздухопроницаемыми, легче обрабатываются;

4) непрерывное внесение навоза обогащает растения ключевыми макро- и микроэлементами, а также усиливается функциональная способность почвенной мезо- и микрофауны, их содержание за счет приумножения органики;

5) улучшается качество всходов и их ростовые характеристики, особенно

на илисто-глинистых почвах, за счет прироста микроорганизмов создаются благоприятные условия для борьбы с грибами и сорняками, паразитирующими на корневой мощности растений [29, 33].

Всероссийским институтом удобрений и агропочвоведения наиболее рациональным названо применение навоза в полуперепревшем состоянии и отмечены положительные эффекты.

При разложении микроорганизмами органических удобрений образуется значительная доля оксида углерода (IV), вовлекаемая в аэробносферное пространство и воздух почвы (на 40-50 т ППН приходится 270-450 кг/га CO_2).

ППН_{КРС} улучшает питание растений Ca, Mg, S и прочими многозначительными ионами, способствует образованию подвижных форм фосфора, а также повышает оструктуренность почвенного сложения за счет перехода извести в растворимую форму. Регулярное внесение отзывается сбавлением кислотности, подвижных Al-Fe-Mn форм, наращиванием степени насыщенности основаниями, оптимизацией буферности почвы [24].

1.4 Комплексное использование вторсырья (компостирование)

Свойства органоминеральной смеси. Полезные свойства отходов могут быть грамотно с научной точки зрения объединены в соответствии с экологическим состоянием почвы для получения ряда композитных компостов. При удобрении ими почв значительно дополняются и улучшаются важнейшие в агроэкологии свойства. Такой подход может решить многие экологические проблемы сбора и утилизации отходов [8, 50].

Кислая реакция ФГ создает благоприятные условия для разложения органических соединений, таких как поверхностно-активные вещества и углеводороды. Это позволяет компостировать его вместе с различными видами животноводческих отходов (ГОСТ 53765-2009) для получения высококачественных, безопасных, сбалансированных по химсоставу биоминеральных удобрений [17].

Сочетание фосфогипса, наделенного набором уникальных качеств и

химэлементов, с естественными отходами (полукомпостированным навозом и пожнивной массой) обуславливает:

- 1) спад выраженности протекания аммонификации и нитрификации и задержание абсолютного расщепления органики;
- 2) продуктивность микробиоты, особенно тех групп микроорганизмов, которые вовлекаются в круговорот азота и фосфора, по причине повышенного содержания кальция и серы в субстрате;
- 3) супрессию гельминтов и других паразитов;
- 4) нейтрализацию реакции субстрата;
- 5) управление трансформой азота, фиксацией в почвенном агрегате, способствуя сокращению газообразных потерь его и аккумуляции общего фосфора [4].

Влияние на физико-химические свойства почвы. Применение сложного компоста благоприятно влияет ряд почвенных показателей: увеличение N общего (на 0,04-0,08 %) и аммонийного (на 0,4-1,5 мг/100 г), подвижной формы P_2O_5 – на 0,6-1,7 мг/100 г почвы и органического вещества на 0,2-1,0 % [28].

В ходе научных испытаний на окультуренных землях, зафиксировано активирование биотермической деятельности, ускоряющее гумификацию смеси и создающее условия для связывания аммиачного азота, а также усиленного его потребления микроорганизмами. Доступность фосфора также возрастает. Все перечисленное – заслуга фосфогипса в готовом органическом удобрении [7].

Проведенные исследования по совместному внесению фосфогипса и различных типов органических удобрений на черноземах получили положительные результаты соответственно на водно-физические и агрохимические свойства:

- 1) влажность почвы, пористость, инфильтрация и ферментация, а также способность к разуплотнению возрастают;
- 2) почвенный раствор нейтрализуется, усиливается содержание гумуса и NPK, а также концентрация веществ, включающих кремний и обладающих расширенной восприимчивостью к коагулированию [31, 39].

Результаты исследований трехлетнего периода учеными-естествоиспытателями ЮФО позволяют заключить, что совместное использование фосфогипса и растительных остатков с органическими отходами (ОСВ, навоз КРС и птичий помет) благоприятно сказывается на почвенной структуре, поглотительной способности, естественном проветривании и насыщении воздухом да кислородом.

Отмечается усиление устойчивости частиц, составляющих биокосную систему, к повреждению влагой, что увеличивает стойкость к эрозионной деградации и создает наилучшие условия для жизни растений и животных [23, 39].

Влияние на флору. Уже на начальной стадии развития возделываемых растений в полях различных районов Северо-Кавказского региона, где вносили сложный компост, был отмечен эффект, выражающийся в:

- активации и устойчивости ростовых процессов;
- продуктивности формирования дополнительных побегов и соцветий;
- увеличении вегетационного периода и выработке высококачественного урожая.

Вынос элементов питания с урожаем культур за 4-6 лет полевых опытов поддерживается одноразовым внесением органоминеральной удобрительной смеси [28, 44].

Влияние на токсикологическую составляющую и санитарное состояние земель. Исследования, проведенные на сильно загрязненном тяжелыми металлами участке по теме разработки способа упрощения и повышения эффективности очистительного процесса черноземных почв от токсикантов, позволили за год существенно снизить, как содержание подвижных форм тяжелых металлов (Co, Mn, Cu, Cd, Ni, Pb, Zn) на 60-70 %, так и усвояемость их флористическими сообществами.

Поспособствовало этому использование органоминерального компоста на основе ОФГ и навоза КРС, который благодаря активизации коагулятивного и сорбционного потенциала, нейтрализации рН, а также содержанию немалого количества биогенных и минеральных элементов, перевел лабильные конфигу-

рации отравляющих соединений в инертные, «законсервированные» комплексы для особенной в фермерском отношении растениеводческой продукции [7].

Учеными университета имени И. Т. Трубилина на Кубани были поставлены опыты (в т.ч. при реализации гранта) по оценке экобезопасности внесения и влиянию на почвенно-растительные сообщества различных доз комплексного субстрата на основе переработанных веществ, в ходе которых выяснено, что:

– соотношение ОФГ к навозу КРС 1:10 увеличивало долю мелких частиц минералов на 4-12 %, позволяя усилить процесс агрегирования; снизило плотность, что повлияло на почвенный водный и воздушный режимы, пористость и влагоемкость, увеличив их на 5, 10,5 и 12 % соответственно; наращивало долю органики на 2 % в сравнении с контрольными характеристиками [4, 7];

– замешивание навоза коров в полуперепревшем состоянии, ФГ и пожнивных остатков люцерны 5:1:1, 9:1:1 увеличивает прорастание семенного материала и его дружность, развитие корневой системы и надземной части кукурузы; токсичность согласно индексному расчету выявлена не была;

– аналогичная компостная масса, но при дозировке 7:1:1 более эффективна, так как стимулирование биометрических показателей наблюдается не только в начальный период вегетации, но и в фазу цветения. Формирование початков, их мощность и наполненность зерном в несколько крат лучше, чем при применении компостной смеси или отходов по-отдельности. Оценка фитотоксичности по рассчитанному индексу приравнена к классу «активизация процессов роста» ($1,15 \pm 0,02$), тенденция к накоплению токсикантов отрицательная [5].

Компост укрепляет реакционную основу входящего в него материала, обеспечивая по истечении 4-5 месяцев гигиеническую и эпидемиологическую защиту почвы от заражения патогенами.

В результате он отвечает санитарным стандартам безопасности при выращивании агрономически ценных культур [8, 39].

2.1 Место проведения исследований

Учебное хозяйство «Кубань» – структурное подразделение Кубанского ГАУ имени И. Т. Трубилина и служит современной базой для обеспечения практико-ориентированного обучения студентов, проведения научных исследований и внедрения инновационных технологий в АПК (в т. ч. производство элитных семян).

Неотъемлемой особенностью функционирования высокорентабельного хозяйственного комплекса является разведение скота, выращивание агрокультур и получение другой высокотехнологичной продукции.

Центральная усадьба и 1-е отделение расположены в черте города. В станции Елизаветинской, западнее г. Краснодара на 10 километров, дислоцирован главный офис УОХ «Кубань» (Приложение А).

Площадь хозяйства составляет 7590 га, из них 5888 га занято культурными посевами (Приложение Б). На рисунке 2 изображен состав посевов в процентном соотношении.

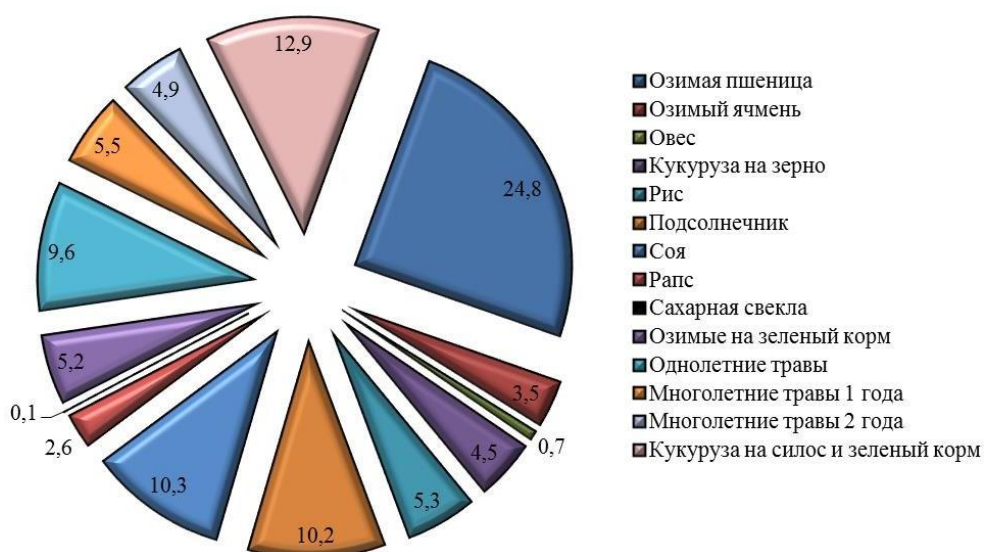


Рисунок 2 Процентное соотношение культур в составе пашни учхоза, %

Согласно данным диаграммы (рис. 2), наибольшие площади в составе сельхозугодий отведено под хлебные и зернобобовые – более 38,0 %, меньшую долю заняли культурные корма – 38,0 %. Самая малая площадь отведена под технические – 23,2 %.

Кукуруза на зерно в посевной структуре занимает 266 га, что составляет лишь 4,5 % от площади всех агрокультур. Значительно больше ее выращивают на силос и зеленый корм скоту (12,9 %).

2.2 Природно-климатическая характеристика

Опытная станция учхоза «Кубань» согласно агроклиматическому территориальному районированию Краснодарского края принадлежит зоне центра, которая отличается в меру влажным и континентальным климатом, преимущественно жарким (КУ – 0,3-0,4). Осадки атмосферные по многолетним средним данным – 680-704 мм, колебание годовых сумм осадков очень большое.

Среднегодовая температура составляет 13,4 °С. Средняя температура января – 2,8 °С, июля – 23,6 °С. Самая высокая температура – 40 градусов, а самая низкая – 35 градусов [40].

Июль и август признаны самыми знойными в году месяцами. Интенсивная фаза вегетации растений характеризуется выпадением 45,0-50,0 % нормы осадков, в основном в виде ливней, за относительно малый временной промежуток.

Сумма температур за аналогичный период находится в пределах 3700-3950 °С, из которых 1620-1800 °С выше температурного предела в 10 градусов. Высокие летние температуры вызывают сильное испарение [43].

Относительная влажность воздуха по средним за год значениям варьирует от 70 до 78 %, а в фазы активного развития культур – 62-65 % [1].

В зоне изучаемого агроландшафта зафиксировано преобладание ветров восточного и западного направлений в соответствии с метеорологическими данными станции Краснодар-Круглик (рис. 3; приложение В).

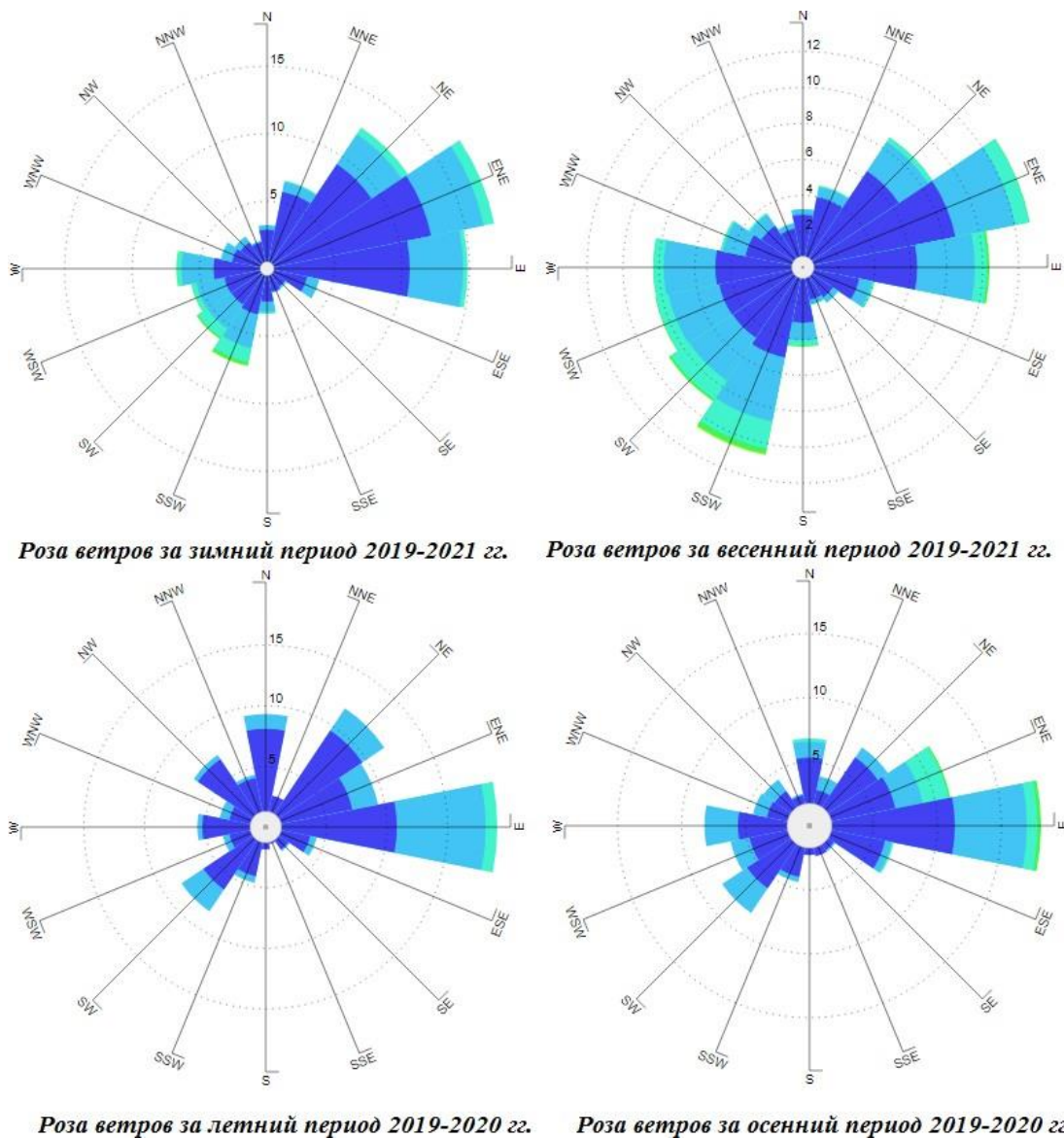


Рисунок 3 Данные распределения ветров г. Краснодара в годы исследований (2019-2021 гг.)

Восточные и северо-восточные ветры вызывают в зимний период заморозки за счет холодных воздушных масс.

Весенне-летний период отмечен нередкими суховеями и высокой температурой воздуха, что вызывает иссушение и пыльные бури. Более мягкий климат способны обеспечить западные и юго-западные ветренные потоки. Действие суховея продолжается около 47 дней [35].

Промежуток со второй половины апреля до начала ноября, насчитывающий примерно 162 дня – безморозный. Для третьего агроклиматического района г. Краснодар установлен уровень промерзания почв до 10-12 см (слабый) за счет частого оттаивания пахотного слоя.

Климатические данные в годы исследований (2019-2021 гг.) согласно опубликованным материалам Краснодарского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды графически представлены на рисунках 4 и 5 (приложения Г и Д) [1].

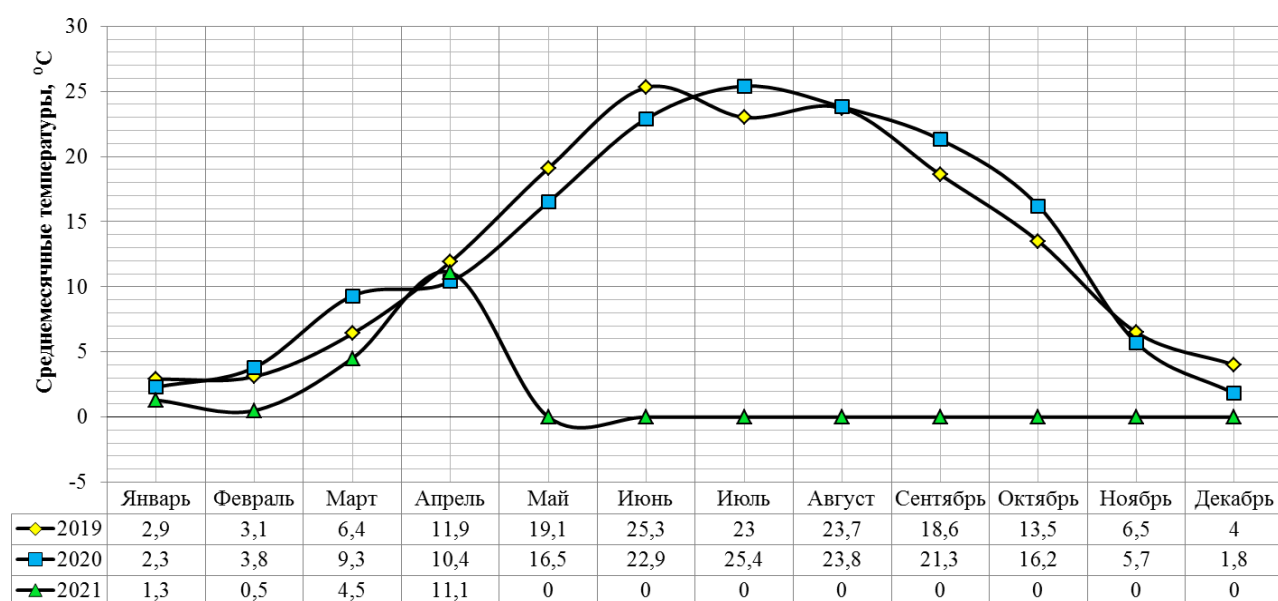


Рисунок 4 Средние месячные температуры воздуха в Краснодаре, °С

Суммы среднемесячных и среднегодовых климатических показателей были практически идентичны в период проведения опытов. Температуры по месяцам варьируют незначительно и характеризуются жаркими летними месяцами, умеренно-теплым весенним и осенним периодами.

Зима характеризуется мягким климатом с частыми оттепелями, что, безусловно, сказывается на состоянии снежного покрова и зимостойкости культур.

Годовое количество осадков характеризуется неравномерным распределением их по месяцам.

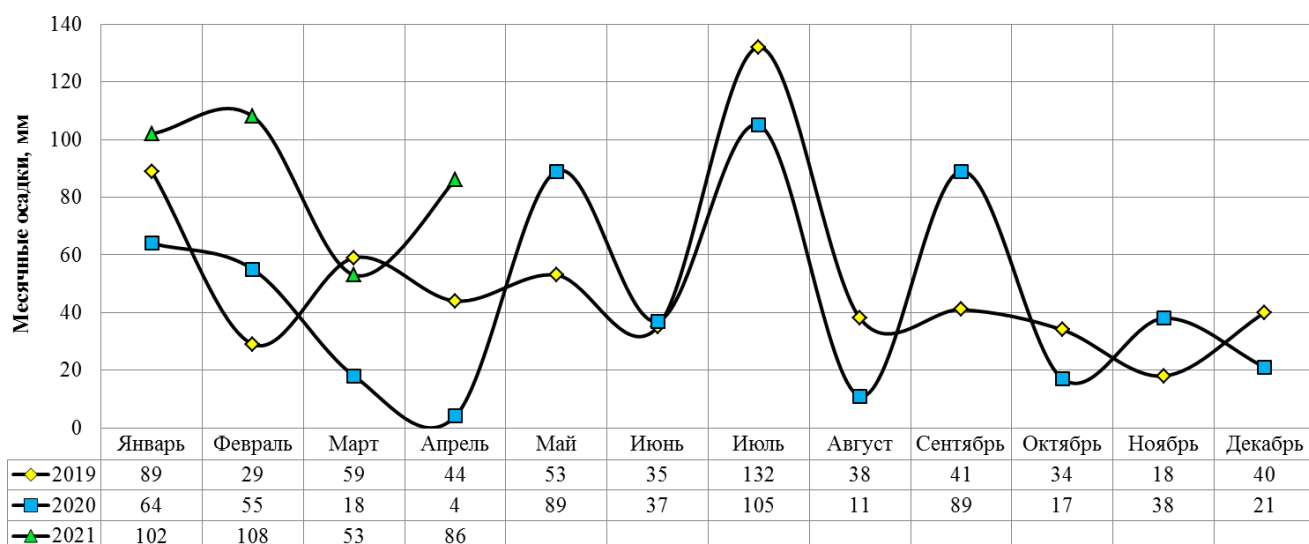


Рисунок 5 Средние месячные суммы выпавших осадков в Краснодаре, мм

Согласно приведенным данным, более пригодным по климатическим показателям для выращивания культуры был 2019 год. Среднегодовые температуры отмечены на уровне $13,2^{\circ}\text{C}$ в 2019 году и $13,3^{\circ}\text{C}$ в 2020 г. Средние месячные температуры с мая по октябрь в течение двух лет превышают средние по годам. За время наблюдений сумма среднемесячных температур в 2020 году ($159,4^{\circ}\text{C}$) превышала показатели 2019 года на $1,4^{\circ}\text{C}$. Это объясняется большим количеством выпавших осадков в год закладки опыта – 610 мм.

Зимняя пора берет начало в третьей декаде ноября или с первых декабрьских дней, характеризуется мягким климатом ($1,79^{\circ}\text{C}$ в среднем) при абсолютном минимуме – 33°C . Появление снега отмечается в третьей декаде декабря – первой декаде января, в 2021 году так же снежный покров был зафиксирован в феврале и первой декаде марта.

Весенний период длится около двух месяцев (март-апрель), устойчивый переход температуры выше 10°C в 2019-2020 годах наблюдался в первой половине апреля месяца, а в 2021 году потепление затянулось до второй декады мая.

Летний период начинается уже в мае, с этого месяца происходит активное

увеличение температур. Лето жаркое и с суховейными ветрами, среднемесячные температуры с мая по август варьируют от 23,0 до 25,4 °С.

Самым жарким месяцем по среднемесячным данным в период проведения исследований является июнь в 2019 году (25,3 °С) и июль в 2020 г. (25,4 °С). Август в первой половине месяца зачастую характеризуется малым количеством осадков и достаточно знойным температурным режимом.

Однако в 2019 году отмечен достаточный уровень обеспеченности осадками в среднем за месяц (38 мм). Наименьшим показателем выпавших осадков отмечен апрель месяц в 2020 году – 4 мм. Это может негативно отразиться на качестве початков кукурузы.

Осень наступает в крае в конце сентября из-за жаркого климатического режима в первой его половине. В годы проведения нашего опыта сентябрь превышает другие осенние месяцы по количеству выпавших осадков, что нехарактерно для региона.

Погодные условия в исследовательский период меняются из года в год. Например, первый вегетационный период для кукурузы в 2019 году был относительно теплым. Среднемесячная температура апреля в год высева культуры была 11,9 °С. Самыми знойными месяцами на протяжении 2019-2020 года были июнь и июль, июль также отличается обилием осадков (105-132 мм).

Сумма выпавших осадков в среднем за год составляет 610 мм в 2019 г. и 547 мм в 2020 г. Данные, которые были зафиксированы в период с января по апрель 2021 года задают тенденцию на лучшую влагообеспеченность полей, чем в годы вегетации кукурузы. Показатели среднемесячной обеспеченности осадками января (102 мм), февраля (108 мм) и апреля (86 мм) 2021 года значительно выше, чем аналогичные в 2019 и 2020 гг.

Направление процесса формирования черноземных почв определяется умеренно-континентальным климатом, однородностью пород, образующих почву, уникальной растительностью, изменчивостью равнинных ландшафтов и т. д. Эти почвы характеризуются, в первую очередь, относительно низким содержанием гумуса в толще гумусового слоя [43].

Полевой участок факультета агрономии и экологии расположен в дельтово-пойменном районе Азово-Кубанской равнины, в зоне почвенного покрова преимущественно сложной черноземом выщелоченным (рис. 6). Он характеризуется высокой мощностью почвенного профиля, малым содержанием гумуса и сложением из тяжелого лессовидного суглинка четвертичного периода.

Участок, на котором проводились исследования, расположен на второй надпойменной террасе, на правом берегу реки Кубань [40].



Рисунок 6 Почвенный разрез чернозема выщелоченного (учхоз «Кубань»)

Чернозем выщелоченный опытного участка кафедры ботаники и общей экологии представлен легкими иловато-пылеватыми глинами.

Мощность гумусового горизонта малогумусного сверхмощного легкоглинистого, сформированного на тяжелом суглинке лёссового типа, выщелоченного чернозема – 175 см. Распределение фракций в почвенном профиле характеризуется равномерностью. Почва слегка или умеренно уплотнена, что обеспечивает оптимальную водную и воздушную (естественное проветривание) пропускающую способность в черноземе обуславливает ее умеренная плотность (1,23-1,28 г/см³) и скважность 43,5-47,8 %.

Хорошая структура почвы достигается за счет значительного содержания ценных в агрономическом значении агрегатов от 88,0 % в $A_{п}$ до 91,6 % в горизонте С, а также снижающимся по профилю объемом сообщающихся и изолированных пор – 49,8-43,0 % [14].

В условиях агроландшафта выщелоченные черноземы обладают высоким потенциальным плодородием, о чем свидетельствуют результаты лабораторных анализов отобранных проб почвы.

Почва УОХ «Кубань» характеризуется следующими агрохимическими показателями (в среднем по опыту): содержание органического вещества – $3,8 \pm 0,3$ %; запасы азота ($A_{пах}$) – $6,2 \pm 0,4$ т/га; содержание общего азота – $0,27 \pm 0,01$ %; P_2O_5 – $192,8 \pm 8,2$ мг/кг; NH_4^+ – $7,3 \pm 0,5$ мг/кг; NO_3^- – $11,0 \pm 0,6$ мг/кг; pH_{H_2O} – $7,30 \pm 0,3$.

Территория учебно-опытного хозяйства принадлежит к Азово-Кубанскому артезианскому бассейну с преобладанием степных рек.

Главной водной артерией является р. Кубань, особенностями которой являются: сильная степень извилистости (1,05-1,12), глубокое залегание грунтовых вод, выраженный паводочный режим (до 7 раз в год), образование стариц, протоков и рукавов. Также характерным является левобережность притоков, сложенных преимущественно из широких пойменных рек с пологими берегами.

Водный режим питания в исследуемой зоне отличается непостоянством, что объясняет выраженность половодья в весенние месяцы (март-апрель) и низкий водосток в летний период. Основой поступления вод в речную систему являются атмосферные осадки в виде дождя и снега, меньшей значимостью для питания характеризуются грунтовые воды. Высокие летние температуры, активное испарение и дефицит влажности летом способствуют обмелению речных систем. Слабое пополнение и недостаточные запасы грунтовых вод в водоносных пластах (аквиферах) также влияют на пересыхание речного бассейна Краснодарского края. Кроме того, хозяйственная деятельность человека вызвала необходимость строительства многочисленных плотин на степных реках, что только усилило их иссушение [29].

Наибольшая наполненность р. Кубань и ее притоков в равнинно-степной зоне края зафиксирована со второй половины февраля до начала июля, наименьшая – в августе-январе.

На Кубани наблюдается неустойчивость обледенения речных систем. В основном зафиксированы безморозные годы без ледостава, но бывают зимы, когда р. Кубань промерзает до нескольких месяцев. В отличие от горных районов сход льда в равнинной степи весной не наблюдается, оттаивание происходит на месте.

В степных реках акватории, приуроченной к хозяйству «Кубань» и КубГАУ, воды минерализованы и содержат большое количество солей сульфатов и карбонатов (1010 до 2590 мг/л), что обуславливает их повышенную жесткость и неудовлетворительные вкусовые качества. Воды, входящие в бассейн р. Кубань, не являются пригодными для хозяйственных нужд, орошения и производственно-технических целей [32].

Растительный покров равнинной территории, приближенной к УОХ «Кубань», подвергся значительной трансформации вследствие многолетней антропогенной деятельности.

Степи с характерной для них растительностью практически полностью утрачены. Сейчас, сохранившиеся фитоценозы степи встречаются только на тех участках, которые не используются для возделывания культурных растений. В высоко увлажненных западных зонах широко раскинулось лугово-степное разнотравье.

Сельскохозяйственные посеы полей предприятия засорены дикорастущими представителями флоры (амброзия полынолистная, канатник египетский, вьюнок полевой, марь белая и др.) [29].

Кубанская равнина в настоящее время обеднена биоразнообразием фауны. После чрезмерной распаханности территорий можно обнаружить немногих представителей млекопитающих: еж обыкновенный, волк, лисица, заяц-русак, выдра, водяная крыса, кавказский крот и других.

Значительно больше грызунов и птиц: хомяк, хорек, ласка, барсук, суслик

малый, слепушонка, обыкновенный слепыш, тушканчики, летучие и полевые мыши; дрозд, синица, дятел, жаворонок, ласточка, скворец, грач, сова, чеглок, скопа, коршун, лунь и другие.

В течение некоторых лет обыкновенные полевки очень сильно размножаются, что подтверждается увеличением количества их нор в посевах агрокультур: 460-550 шт./га в озимых зерновых, 3800-4300 шт/га в люцерне и сое.

Представители насекомых и змей встречаются как в посевах, так и в лугово-степных зарослях, к ним относятся: кузнечики, сверчки, богомолы, луговой мотылек, клоп-черепашка, клоп-солдатик, медведка, цикады и кобылки (редко); степная гадюка, гадюка Казнакова, медянка, ужи и полозы [29].

2.3 Материалы и методы

Опыты в рамках выполнения дипломной работы закладывали в условиях агроландшафта опытной станции учхоза «Кубань» на поле кафедры ботаники и общей экологии КубГАУ (приложение Ж).

Объект исследований – система агроландшафта УОХ «Кубань».

Предмет – сложный компост на основе ППН_{КРС} и ФГ.

Почва опытного участка представлена черноземом выщелоченным слабогумусным сверхмощным легкоглинистым на лессовидных тяжелых суглинках.

Сложный компост, используемый в опыте, включал в себя следующие компоненты: ППН_{КРС}, фосфогипс и солому люцерны при их сочетании 5:1:1, 7:1:1 и 9:1:1 соответственно. Он был помещен около ПТФ УОХ «Кубань» Краснодарского края на глиняную платформу уплотненную с погруженным на 0,5 м дном (высота бурта 1,8 м, ширина – 4,8 м, длина – 45 м).

При температуре 22-36°C и в во влажных условиях весной и летом осуществлялась естественная переработка компостируемой смеси. Влажность субстрата была стабильной – 32-45 %, доступ кислорода обеспечивали регулярным перелопачиванием для более эффективного взаимодействия компонентов.

Через 3-4 месяца наступило полноценное созревание компоста.

Схема полевого опыта включает 5 вариантов по три повторности на площади участка 907,8 м² (Приложение И):

- 1) контроль (без удобрений);
- 2) минеральные удобрения;
- 3) органоминеральный компост 20 т/га;
- 4) органоминеральный компост 40 т/га;
- 5) органоминеральный компост 60 т/га.

Делянки прямоугольной формы площадью 30 м². Размещение вариантов – рендомезированное, способ расположения повторений – сплошной.

Осенью 2019 г. на разных делянках под основную обработку почвы был внесен сложный компост. Весной 2020 г. произведен посев кукурузы на зерно среднеспелого гибрида «Краснодарский 377 АМВ».

Почвенные образцы отбирали поделяночно 5 июня и 10 сентября 2020 г. с каждого варианта и повторности методом конверта и согласно ГОСТ 17.4.4.02-84.

В лабораторных условиях были проведены анализы по оценке содержания нитратного азота ионометрическим методом; рН – потенциометрическим методом; тяжелых металлов согласно МУ 08-47/203 и патогенных организмов – МУ 2.1.7.730-99.

Содержание ТМ определяли на базе химпредприятия ООО «Волопас» в почвенных пробах, органоминеральном компосте и составляющих его отходах, а санитарно-гигиеническую оценку проводили в лаборатории ООО «Экоаналитическая лаборатория «СФЕРА»». Оба предприятия аккредитованы в соответствии с ГОСТ ИСО/МЭК 17025:2009.

Прополка междурядий кукурузы к анализу проводилась 5 июня 2020 г. в фазу 6-8 листьев (приложение К). Уборка кукурузы на зерно проводилась в конце июля, механизировано (комбайном ДОН-1500 с приставкой КМД-6) с обмолотом при влажности зерна 25-29 % (полная спелость).

Программой Microsoft Office Excel был осуществлён математический анализ и систематизация полученных эмпирических данных.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Компоненты органоминерального компоста, их характеристика и свойства

Технология использования отходов различных отраслей промышленности для снижения потерь питательных веществ из биоотходов в процессе разложения и повышения доступности питательных веществ для растений называется компостированием [2].

Существуют общие принципы формирования компоста, но основные различия заключаются в пропорциях органических и минеральных компонентов, а также в экологических особенностях их различного химического состава и физических свойств для каждой с.-х. зоны. Изучая структуру сложных компостов, можно оценить их агрономическую значимость и разнообразие физико-химических свойств, а также определить целесообразность их внесения в верхний слой почвы.

Разложение смеси органических остатков с ФГ и другими минеральными добавками, улучшающими ее свойства, является одним из эффективных способов получения компоста экстра-класса. Приготовление удобрения органоминерального состава и закладка его на поверхности почвенного профиля значительно улучшает ее пахотный и нижележащие слои, создает экологически чистые условия жизни для существования организмов [15].

В рамках исследований, приуроченных к теме ВКР, нами был приготовлен сложный компост на основе ППН КРС, ФГ и сена люцерны.

3.1.1 Фосфогипс: фракционный и агроэкологический состав, свойства

Фосфогипс – много тоннажный гипсосодержащий отход, образующийся при производстве фосфорной кислоты из апатита. Он является коллоидной системой и проявляет способность к коагуляции.

Фосфогипс, используемый для приготовления компоста, производится предприятием химической промышленности Белореченского района – ООО «ЕвроХим БМУ». Среднее значение показателя гигроскопической влажности находилось на уровне 18 %.

Он характеризовался, кислой реакцией среды, находящейся в пределах 4,5-5,5, влагоемкостью свежего субстрата до 40-50 %, плотностью 2,26-3,20 г/см³, имеет комковато-пылеватый легкосуглинистый состав (табл. 3).

Таблица 3 – Гранулометрический состав фосфогипса

Наименование	Размер, мм	Содержание, %
Фракционное сложение		
Песок	1 – 0,25	22,28
	0,25–0,05	55,89
Пыль	0,05–0,01	1,40
	0,01-0,005	22,57
	0,005–0,001	4,82
Ил	≤ 0,001	15,88
Физпесок (ФП)	$\Sigma \geq 0,01$	57,29
Физглина (ФГл)	$\Sigma \leq 0,01$	43,27
Агрегатное сложение		
Макроагрегаты	≥ 10	15,38
Мезоагрегаты (агроценные)	5-10	16,89
	3-5	14,10
	1-2	8,61
	0,5-1	3,51
	0,25-0,5	4,35
Микроагрегаты	≤ 0,25	37,16

В агрегатном составе ФГ из суммарной массы преобладали микрочастицы ($\leq 0,25$ мм – 37,16 %). Фосфогипс сложен также гранулами различного размера неправильной формы, что объясняет его агрономическую ценность (0,25-10 мм – 32,46 %). Количество глыбистых агрегатов (≥ 10 мм) доходило до 15,4 %. Таким образом, фосфогипс обладал комковато-пылеватым легкосуглинистым сложением.

Основу ФГ составляет сульфат кальция CaSO_4 (> 95 %), фосфор (0,7 %) и фтор (0,15 %). Наряду с гипсом в нем содержится малладрит или фторсиликат натрия (Na_2SiF_6). Химический состав фосфогипса характеризуется наличием нерастворимых соединений, таких как: CaO – 37 %, SO_3 – 22,4 %, MgO – 0,018 %, Al_2O_3 – 0,05 %, Fe_2O_3 – < 0,08, SiO_2 – 0,88 %, P_2O_5 – 2,3 %, TiO_2 – 0,007 %, K_2O – < 0,0096 %.

Также в нем содержится значительное количество тяжелых металлов (Sr, F, Ti, Ni, Zn и др.), уникальных элементов – Ce (церий), La (лантан), Tl (таллий), Y (иттрий), Zr (цирконий) и других загрязнителей. Это объясняет осторожность при его использовании в чистом виде для сельскохозяйственных целей.

Согласно ГОСТ Р 58820-2020 «Фосфогипс для сельского хозяйства. ТУ» фосфогипс при поступлении его с используемыми нормами удобрений не должен превышать ПДК или ОДК в почве (согласно группе «песчаные и супесчаные почвы») по содержанию токсичных элементов [27].

Массовая концентрация и допустимые величины концентрации ТМ в используемом ФГ приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Минеральный состав примесей в фосфогипсе, мг/кг

Наименование	Массовая концентрация, мг/кг	ПДК/ОДК, мг/кг
Mn (марганец)	$\leq 19,95$	1500,0/
Co (кобальт)	$\leq 0,48$	5,0/
Ni (никель)	$\leq 2,10$	/20,0
Cu (медь)	$\leq 0,99$	/33,0
Zn (цинк)	$\leq 0,95$	/55,0
As (мышьяк)	$\leq 0,02$	/2,0
Pb (свинец)	$\leq 0,19$	/32,0
Cd (кадмий)	$\leq 0,09$	/0,5
Hg (ртуть)	$0,23 \pm 0,08$	2,1/

Лабораторные анализы проб фосфогипса на показатель массовой концентрации наиболее важных для экологической оценки ТМ был проведен на базе ООО «Волопас».

Получены следующие результаты: Mn ($\leq 19,95$ мг/кг), As ($\leq 0,02$ мг/кг), Zn ($\leq 0,95$ мг/кг), Ni ($\leq 2,1$ мг/кг), Co ($\leq 0,48$ мг/кг), Pb ($\leq 0,19$ мг/кг), Cu ($\leq 0,99$ мг/кг), Hg ($\pm 0,23$ мг/кг), Cd ($\leq 0,09$ мг/кг).

Превышения ПДК/ОДК не обнаружено ни по одному из анализируемых элементов (СанПиН 1.2.3685-21) [36].

Таким образом, фосфогипс Белореченского завода соответствовал нормативным требованиям к качеству и экологической безопасности, поэтому его использование в составе сложного компоста допустимо при определенных концентрациях.

3.1.2 Особенности полуперепревшего навоза КРС

Полуперепревший навоз крупного рогатого скота (ППН_{КРС}) – это обогащенная органикой, уплотнившаяся и частично обезвоженная субстанция темно-коричневого цвета. В сравнении со свежим навозом потери первоначальной органической массы составляют от 25,5 % до 30,1 % из-за испарения влаги [20].

Ежегодное образование навоза на территориях фермерских хозяйств в регионах РФ – 2,09 млрд. ц, лишь четверть из них перерабатывается и используется по назначению. Следовательно, преобладающее количество образованного отхода неограниченно накапливается и складывается в местах образования или вывозится за пределы агропредприятия.

Складирование навоза на обрабатываемых землях недопустимо – это наносит вред экологической среде [19].

В нашем случае, на территории фермы учхоза, навоз КРС накапливался и перерабатывался до полуперепревшего состояния на водонепроницаемых асфальтированных площадках, оборудованных близ места содержания скота, в буртах.

Местом для хранения послужили специальные секционные навозохранилища, углубленные на 2 м и оснащенные устройствами перемешивания и выгрузки навоза. Транспортировка на опытное поле осуществлялась трактором с прицепом.

Структурный состав ППН_{КРС} представлен следующими значениями: 1-0,25 мм – 5,23 %; 0,25-0,05 мм – 13,19 %; 0,05-0,01 мм – 40,08 %; 0,01-0,0005 мм – 6,68 %; 0,005-0,001 мм – 13,33 %; ≤ 0,001 мм – 21,49 %; Σ фракций < 0,01 мм – 41,50 %.

Органоминеральные соединения, многочисленные представители патогенной микрофлоры, фотоавтотрофные одноклеточные, семена, щетина и иные инородные частички позволяют назвать навоз полидисперсной структурой.

По химической природе навоз является сложной органоминеральной системой с возможным содержанием солей тяжелых металлов, остаточных количеств дезинфицирующих реагентов, различных медикаментозных препаратов, применяемых на фермах и крупных животноводческих комплексах с целью санитарной обработки производственных помещений и профилактики заболеваний животных.

Важнейшие характеристики химического состава полуперепревшего навоза представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристика агрохимических компонентов ППН_{КРС} на исходную влажность (75 %)

Параметр	pH	Органическое вещество, %	N, %	NH ⁴⁺ , %	P _{общ.} , %	K ₂ O, %	CaO, %	MgO, %	SO ₄ ²⁻ , %
ППН _{КРС}	8,0 ± 0,10	20,0 ± 0,6	0,61 ± 0,2	0,1 ± 0,009	0,22 ± 0,15	0,26 ± 0,009	0,32 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,008

Стоит заметить, что азот, входящий в состав органических соединений подстильного навоза, практически не мигрирует по почвенному профилю и не теряется газообразно, что снижает вероятность загрязнения природных сред данным элементом в процессе утилизации отхода.

Одним из рисков применения навоза крупного рогатого скота в сельскохозяйственных агроландшафтах является содержание примесей ТМ в каловых

массах и моче скота, а также в их мышечно-соединительных тканях, крови и продукции брожения.

В связи с этим были проведены лабораторные исследования по определению массовых концентраций токсичных элементов в навозе скота (табл. 6).

Таблица 6 – Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в навозе КРС

Элемент	Содержание токсичных элементов, мг/кг	ПДК/ОДК, мг/кг
Цинк	106,6±18,1	/125,0
Медь	12,0±3,9	/132,0
Кобальт	9,2±3,0	/20,0
Марганец	36,3±12,9	1300/
Никель	21,1±7,4	/80,0
Кадмий	≤ 0,09	/2,0
Свинец	5,5±1,7	/130,0
Ртуть	≥ 0,4	2,1/
Мышьяк	2,20±0,6	/10,0

Навоз КРС имеет в составе некоторое количество примесей токсичных элементов, но их содержание ниже принятых значений ПДК принятых ГОСТ Р 53117-2008 [11].

Наибольшей концентрацией обладают Mn ($\pm 36,3$ мг/кг) и Zn ($\pm 106,6$ мг/кг), а наименьшей Pb ($\pm 5,5$ мг/кг), As ($\pm 2,2$ мг/кг), ртуть ($\geq 0,4$ мг/кг) и кадмий ($\leq 0,09$ мг/кг).

Органические отходы животноводства содержат не только основные питательные элементы (N, P, K), обеспечивающие повышение плодородия почвы, но и большое количество микроорганизмов, в том числе и патогенных, опасных для животных и человека.

К возбудителям болезней, передающихся с навозом, относятся бактерии, вызывающие кишечную палочку, сальмонеллёз, мастит, эндометрит, лептоспироз, туляремию, туберкулёз, сибирскую язву и другие заболевания, которые характерны для животных и человека. Более 90% организмов – это бактерии из

следующих родов: Salmonella, Clostridium, Staphylococcus, Proteus, Micococcus, Sarcina, Bacillus, Morganella, Alcaligenes, Klebsiella, Streptococcus, Escherichia, Aerobacter и др. [9].

Свежий навоз содержит от 200 до 1500 миллионов бактерий на грамм, а подавляющее количество – типичные Escherichia coli (> 95%). Общее микробное число (ОМЧ) навоза крупного рогатого скота составляет $7,6 \times 10^6$ КОЕ/г, энтерококков – $1,8 \times 10^6$ КОЕ/г, а количество стафилококков до $2,1 \times 10^4$ КОЕ/г.

Полная бактериологическая оценка используемого в опыте полуперепревшего навоза КРС представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты санитарно-бактериологического анализа проб, КОЕ/г

Наименование МБП	Результат исследования
ОМЧ	$3,3 \times 10^4$
Индекс санитарно-показательных микроорганизмов	
Колиформы	$0,9 \times 10^3$
Энтеробактерии (энтерококки)	$1,2 \times 10^3$
Представители бактерий	
р. Эшерихии – g. Escherichia	O ₁₃₉ ; O ₁₄₂
р. Микобактерии – g. Mycobacterium	–
р. Сальмонеллы – g. Salmonella	–
р. Клостридии – g. Clostridium	–
р. Стафилококки – g. Staphylococcus	$1,1 \times 10^3$
р. Клебсиеллы – g. Klebsiella	+
р. Энтеробактерии – g. Enterobacter	+
р. Гафнии – g. Hafnia	–
р. Серрации - g. Serratia	–
р. Протеи – g. Proteus	–
р. Морганеллы – g. Morganella	+
р. Провиденции – g. Providencia	–
р. Цитробактеры – g. Citrobacter	+
Представители паразитов	
р. Эймерии – g. Eimeria	+
р. Сетарии – g. Setaria	+
р. Аскариды – g. Ascaris	–
р. Стронгилиды – g. Strongyloides	–
р. Дикроцелии – g. Dicrocoelium	–
р. Диктиокаулюсы – g. Dictyocaulus	–

В отобранных образцах навоза были обнаружены ооцисты, яйца и личинки паразитов родов Эймерии (g. Eimeria), Сетарии (g. Setaria). Не выявлены представители родов Аскариды (g. Ascaris), Стронгилиды (g. Strongyloides), Дикроцелии (g. Dicrocoelium), Диктиокаулюсы (g. Dictyocaulus), которые являются возбудителями одноименных болезней.

Отмечены высокий ОМЧ ППН_{КРС} – $3,3 \times 10^4$ КОЕ/г, коли-индекс и индекс энтерококков, которые составляли $0,9 \times 10^3$ и $1,2 \times 10^3$ КОЕ/г соответственно.

Проведенный анализ санитарно-биологического состояния показал, что пробы органического субстрата не содержат представителей родов *Mycobacterium*, *Salmonella*, *Serratia*, *Hafnia*, *Clostridium* и других бактерий, но выделены патогенные *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis* (золотистый, эпидермальный стафилококки) $1,1 \times 10^3$ КОЕ/г и *Escherichia coli* (кишечная палочка).

Бактериальный состав полуперепревшего навоза КРС животноводческой фермы учебного хозяйства насчитывает 10^3 - 10^5 КОЕ/г бактерий родов Клебсиеллы (g. *Klebsiella*), Энтеробактерии (g. *Enterobacter*), Морганеллы (g. *Morganella*), Цитробактерии (g. *Citrobacter*). Личинок и куколок синантропных мух не было зафиксировано.

Следовательно, полуперепревший навоз КРС не отвечает ветеринарно-санитарным требованиям, предъявляемым к органическим удобрениям в соответствии с ГОСТ Р 53117-2008 [11].

Это свидетельствует о поражении толстого и тонкого кишечника, системы ЖКТ жвачных животных и, как следствие, их каловых масс биогельминтами, трематодами и цистодами.

3.2 Состав и свойства компоста в зависимости от соотношения его компонентов

Искусственно созданный продукт путем сочетания естественных и минеральных отходов сельскохозяйственного и промышленно-бытового происхождения, который способен обогатить физические, химические и биологические

свойства почвы называют сложным компостом. Он выделяется самостоятельностью своего развития и одновременной соподчиненностью с основными составляющими, что характеризует его как структурное образование.

При компостировании навоза КРС совместно с фосфогипсом и растительными остатками удобрение приобретало ряд положительных качеств. Приготовленные компостные смеси с различным соотношением компонентов подвергли сравнительному лабораторному анализу с целью выявления приемлемого их сочетания (табл. 8).

Таблица 8 – Агроэкологические свойства компоста и полуперепревшего навоза

Параметр	pH	Органическое вещество, %	N, %	NH ⁴⁺ , %	P _{общ.} , %	CaO, %	SO ₄ ²⁻ , %
ППН _{КРС}	8,0 ± 0,10	20,0 ± 0,60	0,61 ± 0,2	0,10 ± 0,009	0,22 ± 0,15	0,32 ± 0,01	0,03 ± 0,008
ОК ₁	6,9 ± 0,10	26,0 ± 0,79	0,75 ± 0,08	0,14 ± 0,008	0,93 ± 0,05	0,41 ± 0,02	0,08 ± 0,01
ОК ₂	7,0 ± 0,09	26,5 ± 0,81	0,76 ± 0,1	0,15 ± 0,01	0,96 ± 0,05	0,45 ± 0,02	0,09 ± 0,02
ОК ₃	6,7 ± 0,12	25,8 ± 0,75	0,69 ± 0,2	0,12 ± 0,01	0,94 ± 0,04	0,35 ± 0,01	0,05 ± 0,08

Примечание: ОК – органоминеральный компост 1 – 5:1:1, 2 – 7:1:1 и 3 – 9:1:1

Результатами анализов подтверждено, что потери органического вещества в ходе компостирования заметно снижались благодаря спаду активности процесса минерализации. Содержание его в компосте трехмесячной давности разнилось от 25,8 до 26,5 % в зависимости от количества включенных компонентов, а в ППН_{КРС} – 20,0 %.

Попеременная укладка полуразложившегося навоза, фосфорного гипса и растительных остатков в компостном бурте способствовало абсорбции аммиака во время смены катионов кальция на NH₄⁺-ионы. Большей абсорбции аммония и его связыванию в гранулы способствовала высокая катионообменная способность компостируемых субстратов.

В процессе созревания сложного компоста в его составе повышалась также концентрация аммонийного (0,12-0,15 %) и общего (0,69-0,76 %) азота.

Добавление минерального, гипсодержащего, отхода (ФГ) в состав

сложного компоста способствовало обогащению его кальцием до $0,45 \pm 0,02$ % и серой до $0,09 \pm 0,02$ %. Содержание общего фосфора в готовом компосте варьировало от 0,93 до 0,96 %, что на порядок выше, чем в ППН_{КРС} – 0,22 %.

За счет кислой реакции среды фосфогипса происходила нейтрализация рН навоза и, как следствие, сложного компоста – 6,7-7,0. Отмечалось также улучшение таких физических свойств, как структура компоста и его аэрация, влажность его отмечена на уровне 35-45 %.

Помимо прочего нами был изучен состав токсичных примесей в составе готового компоста (табл. 9).

Таблица 9 – Количество тяжелых металлов в органоминеральном компосте, мг/кг

Проба	Суммарная концентрация ТМ								
	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni	Co	Mn	Hg	As
ОК ₁	74,8±19,5	1,9±0,5	5,7±1,6	≤0,1	16,1±5,5	≤0,4	27±9,8	≥0,49	3,3±0,96
ОК ₂	101,6±16,9	5,9±2,0	6,4±1,8	≤0,09	19,4±6,6	≤0,4	71±25	≥0,49	3,0±0,9
ОК ₃	108,4±16,0	12,6±3,9	7,5±2,2	≤0,09	36,2±12,8	8,2±2,6	95±30	≥0,49	3,8±1,1
ПДК/ОДК	/125,0	/132,0	/130,0	/2,0	/80,0	/20,0	1300,0/	2,1/	10,0/

Примечание: ОК – органоминеральный компост 1 – 5:1:1, 2 – 7:1:1 и 3 – 9:1:1

Содержание тяжелых металлов находилось на достаточно высоком уровне, но не превышало принятых норм ПДК/ОДК. Наибольшим накоплением в анализируемых компостных смесях характеризовались такие металлы как Zn, Mn и Ni, наименьшим Hg ($\geq 0,49$ мг/кг) и Cd ($\leq 0,1$ мг/кг), а Co ($\leq 0,4$ мг/кг) при соотношении отходов 5:1:1 и 7:1:1. Отметим, что в составе ОК₃ накапливалось наибольшее содержание ТМ.

Наилучшими характеристиками обладал готовый компост в соотношении 5:1:1 по сравнению с другими пробами, что объясняется меньшим содержанием ТМ в составе (кроме As и Cd: $\pm 3,3$ мг/кг и 0,1 мг/кг соответственно).

Однако, при сочетании отходов 7:1:1 наиболее важные с прикладной точки зрения высокотоксичные элементы, как кадмий и мышьяк находились в меньшем количестве $\leq 0,09$ и $3,0 \pm 0,9$ мг/кг, в сравнении с вариантом 5:1:1.

Содержание свинца, никеля и меди незначительно выше в сравнении с

ОК₁: на 0,7±0,2, 3,3±1,1, 4,0±1,5 мг/кг соответственно.

Проведенный анализ санитарно-гигиенического состояния готового компоста позволяет заключить, что при термогенетическом процессе в период формирования органоминерального компоста погибали практически все карантинные представители.

Грамотное соотношение отходов позволяло получить ценный сложноорганизованный продукт пролонгированного действия (табл. 10).

Таблица 10 – Санитарно-бактериологическое состояние сложного компоста

Показатель	Данные анализа, КОЕ/г
ОМЧ	1,6×10 ²
Индекс санитарно-показательных микроорганизмов	
Колиформы	≤ 2,0
Энтерококки	≤ 5,0
Наличие бактерий	
р. Эшерихии – g. Escherichia р. Микобактерии – g. Mycobacterium р. Сальмонеллы – g. Salmonella р. Стафилококки – g. Staphylococcus	Н
р. Морганеллы – g. Morganella	≤2,4
р. Энтеробактерии – g. Enterobacter	≤1,0
р. Цитробактеры – g. Citrobacter	≤0,7
р. Клебсиеллы – g. Klebsiella	≤0,3
Наличие жизнеспособных яиц и личинок гельминтов	
р. Эймерии – g. Eimeria р. Сетарии – g. Setaria р. Аскариды – g. Ascaris р. Стронгилиды – g. Strongyloides р. Дикроцелии – g. Dicrocoelium р. Диктиокаулюсы – g. Dictyocaulus	Н
Наличие личинок и куколок синантропных мух	Н

Примечание: Н – не обнаружены

Результатами исследований установлено, что индекс вредных организмов не превышал допустимых значений по колиформам (≤ 2 КОЕ/г) и энтеробактериям (≤ 5 КОЕ/г), а общее микробное число составило 1,6 тыс. КОЕ/г.

В бактериальном составе зафиксирована гибель таких патогенов как эшерихии, микобактерии, сальмонеллы, стафилококки, плюсом явился факт, подтверждающий отсутствие ранее невыделенных патогенов, что знаменует правильность выполнения лабораторных анализов. Яйца и личинки гельминтов, а также куколки синантропных организмов не были выявлены в ходе микробиологического исследования. Наличие представителей некоторых родов бактерий не позволяет назвать приготовленный сложный компост на 100 % безопасным с точки зрения санитарно-эпидемиологических требований, но основные нормативные показатели приведены в соответствие ГОСТ Р 53117-2008 «Удобрения органические на основе отходов животноводства. ТУ».

Научно обоснованное сочетание полезных свойств естественных (ППН_{КРС}, солома люцерны) и производственных минеральных (ФГ) отходов способствовало активизации процессов структурообразования; снижению щелочности компоста и замедлению минерализации органического вещества.

Также было отмечено влияние на сдерживание процессов аммонификации и трансформации азота; на активизацию полезной микрофлоры и снижение гигиенической опасности субстрата; на обогащение состава компоста общим фосфором, кальцием и серой. То есть улучшались физико-механические, агрохимические и биологические характеристики получаемого компоста.

Такой подход может решить глобальные проблемы сбора и утилизации отходов, торможения и прекращения деградиционных процессов почвы, рекультивации ее агроэкологических функций, что делает компост серьезной альтернативой применяемым в настоящее время сельскохозяйственным технологиям выращивания растений.

3.3 Влияние органоминерального компоста на содержание нитратов в черноземе выщелоченном

Природный азот различен по своему виду и имеет способность к непрерывному преобразованию. Наличие его в почвенном комплексе зафиксировано

двумя формами: минеральной и органической.

По завершении полного разложения органики и образования NH_4^+ -ионов нитрифицирующие бактерии преобразуют его в NO_3^- . Растения преобразуют нитрат-ионы в высоко- и низкомолекулярные азотные соединения путем их иммобилизации [6].

Азот является одним из важнейших питательных веществ из-за его ключевой роли в организации жизненных процессов почти во всех организмах, также он служит основой для производства белков и нуклеиновых кислот.

Потребление азота из почвенного раствора растениями в виде нитрат-ионов является одним из преимущественных.

Для самих растений и почвы необходимо присутствие определенного количества нитратов, но высокие их концентрации вредны и недопустимы ввиду отрицательного влияния на организм животных и человека, также страдает качество растениеводческой продукции. Это обуславливает необходимость в контроле над концентрацией нитратной (NO_3^-) формы азота.

Способность почвы к аккумулярованию нитратов находится в зависимости от множества факторов, главными из которых выступают почвенная влажность, возделываемая растительность, удобрения и их нормы внесения.

Поскольку одним из источников поступления NO_3^- в почву являются именно органические отходы и удобрения на их основе, в своих исследованиях мы определяли содержание данной формы азота на опытных вариантах.

Деляночные опыты, заложенные в системе изучаемого агроландшафта, по отслеживанию содержания нитратного азота показали ощутимое изменение его содержания при внесении МУ и незначительный разброс при использовании органоминерального компоста (20-60 т/га) в сравнении с фоновыми значениями (табл. 11).

Результаты лабораторных опытов на накопление нитрат-ионов в почве после первого года внесения минеральных удобрений и компоста показали высокое их содержание по вариантам: К – $33,6 \pm 2,0$ мг/кг, МУ – $69,3 \pm 2,9$ мг/кг, ОК (20 т/га) – $33,7 \pm 1,4$ мг/кг, ОК (40 т/га) – $36,8 \pm 1,7$ мг/кг и ОК (60 т/га) – $37,2 \pm 1,5$ мг/кг.

Таблица 11 – Воздействие минеральных удобрений и органоминерального компоста на накопление нитратов в $\text{Ч}^{\text{В}}$, мг/кг

Год	Вариант				
	К	МУ	ОК (20 т/га)	ОК (40 т/га)	ОК (60 т/га)
2019	33,6±2,0	69,3±2,9	37,2±1,5	36,8±1,7	33,7±1,4
2020	27,9 ± 1,3	54,4 ± 2,6	28,1 ± 1,1	27,5 ± 1,2	25,8 ± 1,8

Примечание: К – контроль, МУ – минеральные удобрения, ОК – органоминеральный компост в дозах 20, 40 и 60 т/га

На момент уборки кукурузы в сентябре 2020 г. наблюдался регресс в концентрации нитратов, который скорее всего был достигнут выносом питательных элементов с растениеводческой продукцией. Снижение нитратов варьировало в пределах 0,4-2,1 мг/кг, а наиболее низкий их показатель был отмечен при норме сложного компоста 60 т/га.

Применение минеральных удобрений способствовало значительному накапливанию NO_3^- в почве как в первый (на 35,7 мг/кг), так и во второй год (на 26,5 мг/кг) при сравнительной оценке результатов с контролем.

Таким образом, оптимальной дозой внесения органоминерального компоста, которая дает возможность его использования без риска накопления нитрат-ионов, является 60 т/га.

3.4 Влияние сложного компоста на реакцию почвенной среды

Одним из основных почвенных факторов, влияющих на процесс формирования почвы и экологически благоприятные жизненные условия ее организмов, является параметр рН. Кроме того, данный показатель непосредственно влияет на усвояемость элементов питания агрокультурой, активность патогенной микрофлоры, минерализацию органики, разложение минералов и трудно-растворимых соединений почвы, скорость коллоидной коагуляции и многие другие физико-химические, биологические процессы.

Эффективность вносимых в почву питательных субстратов (компост, удобрение) также зависит от реакции среды, но и сами они способны подкислять или, напротив, подщелачивать почвенный раствор в зависимости от состава и дозы. Таким образом, величина рН характеризуется отсутствием постоянства и изменяемостью по прошествии года, вегетационного периода или даже суток.

При определении кислотности выщелоченного чернозема в условиях исследуемого агроландшафта наблюдалась незначительная дифференциация значений в зависимости от применяемых удобрений и нормы их внесения, как в первый, так и во второй год (табл. 12).

Таблица 12 – Изменения рН среды Ч^В опытного участка 2019-2021 г.

Год	Вариант				
	К	МУ	ОК (20 т/га)	ОК (40 т/га)	ОК (60 т/га)
2019	7,30	7,20	7,15	7,09	7,00
2021	7,25	7,18	7,12	7,04	6,97

Примечание: К – контроль, МУ – минеральные удобрения, ОК – органоминеральный компост в дозе внесения 20, 40, 60 т/га

Полученные при лабораторном анализе значения водной вытяжки рН отражали варьирование показателя от слабощелочного (7,25-7,30) на контроле до нейтрального (6,97-7,0) при внесении органоминерального компоста. Применение минерального удобрения способствовало снижению реакции среды на 0,7-0,10 в сравнении с фоновым вариантом.

Если говорить о результативности от МУ и ОК, то наиболее показательными являлись варианты со сложным компостом. Заметим, что наибольшей эффективностью характеризовался вариант с максимальной нормой внесения (60 т/га). Изменение реакции почвенной среды связано с реакциями среды используемых отходов: кислой у ФГ (рН 5,1±0,4); щелочной – навоза крупного рогатого скота (рН 8,0±0,1).

В результате статистической обработки результатов отмечено, что внесенные нормы компоста оказывают положительное последствие на анализируемый показатель почвы в условиях агроландшафта даже через 2 года после внесения.

Благодаря хорошим физическим условиям, полученным при рН 6,5-7,5, происходило улучшение структуры почвы, оптимизация поступления питательных веществ в растениеводческую продукцию и интенсивности микробных процессов.

При добавлении ФГ и ППН_{КРС} в состав компостной смеси не происходило подщелачивания или подкисления почвы, что является главным условием, обуславливающим безопасность применения данного отхода в системе агроландшафта.

3.5 Влияние компоста на концентрацию тяжелых металлов в системе изучаемого агроландшафта

Тяжелые металлы в различных соединениях представляют собой весьма активные в биохимическом отношении элементы не только в живых организмах, но и в почве.

Токсичность и биологическая активность тяжелых металлов в ней определяются химической формой и реакционной способностью того или иного элемента. Некоторые тяжелые металлы (например, цинк, кобальт, медь, никель и т. д.) в низких концентрациях активно участвуют в различных физиолого-биохимических процессах живых организмов, но при высоких дозах становятся отравляющими.

В ряде элементов (кадмий, свинец, ртуть, мышьяк) представители ни флоры, ни фауны вовсе не нуждаются. В связи с чем, им уделяется особое внимание при обеспечении экобезопасности.

Один из основных источников поступления микроэлементов в агроландшафты Кубани – удобрения органического и минерального происхождения.

Отходы, включенные в их состав, обладают способностью к отрицательному воздействию на свойства плодородных земель, а также качество производимых агрономически ценных культур.

Поэтому определение содержания этих высокотоксичных элементов на каждом этапе возделывания продовольственного сырья является обязательной процедурой.

3.5.1 Состав тяжелых металлов в почве полевого опыта

В рамках проводимых нами полевых испытаний остановимся на количественной характеристике отдельных элементов, которые присутствуют в фоновом (естественном) состоянии Ч^В учхоза «Кубань». Оценку исходного загрязнения почвы проводили на неудобренных вариантах в трех повторностях (табл. 13).

Таблица 13 – Содержание тяжелых металлов в выщелоченном черноземе, 2019 г.

Вариант	Содержание, мг/кг								
	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Co	Mn	As	Hg
Φ ₁	77,9±26,0	≤0,1	10,4±3,3	3,2±1,1	15,5±5,3	≤0,6	280±97	6,15±1,9	≥0,4
Φ ₂	56,3±18,0	≤0,09	7,4±2,2	1,6±0,8	13,0±4,3	2,0±1,0	240±84	≥9,5	≥0,4
Φ ₃	79,8±27,0	≤0,09	7,3±2,1	1,6±0,8	6,6±2,6	1,5±0,3	230±80	8,23±2,44	0,3±0,1
ПДК/ОДК	/122,0	/2,0	/130,0	/132,0	/80,0	5,0/	1500/	10,0/	2,1/

Примечание: Φ – фоновый вариант 1-ой, 2-ой, 3-ей повторности соответственно

Согласно приведенным данным можно сделать вывод о небольшом различии в распределении ТМ по вариантам.

Чернозем на опытных делянках характеризовался высоким сосредоточением в своем профиле ионов цинка (56,3-79,8 мг/кг) и марганца (230-280 мг/кг) и низким – кадмия (< 0,1 мг/кг) и ртути (0,3-0,5 мг/кг).

Ни один из элементов по санитарным требованиям к почвам не превышал установленных показателей ПДК, но ионы кобальта и мышьяка находились на критическом уровне (Co – 5,0 мг/кг; As – 10 мг/кг).

Мы считаем, что содержание токсичных ионов необходимо тщательно контролировать, а так же ограничить их концентрацию и поступление путем детоксикации почв совокупностью рационально подобранных отходов естественного и промышленного происхождения.

3.5.2 Содержание тяжелых металлов в почве при внесении органоминерального компоста

При проведении исследований на опытном поле кафедры ботаники и общей экологии в учебно-опытном хозяйстве «Кубань» в 2019-2021 гг. осуществлялась оценка влияния органоминерального компоста на накопление и распределение в выщелоченном черноземе токсичных соединений. Также для сравнения эффективности технологий было проанализировано содержание загрязняющих элементов при внесении минеральных удобрений.

Согласно приведенным в таблице 14 данным, концентрация биохимически активных элементов довольно дифференцирована в анализируемой почве по вариантам опыта.

Таблица 14 – Концентрация тяжелых металлов в почве в зависимости от внесенных удобрений, 2021 г.

Вариант	Содержание, мг/кг								
	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Co	Mn	As	Hg
Ф _{ср.}	71,3±23,7	≤0,09	8,4±2,5	2,1±0,9	11,7±4,1	1,4±0,65	250±87	7,96±2,17	0,37±0,1
К	12,0±3,8	≤0,11	9,5±3,2	≤0,08	≤2,0	≤0,48	264±91	≤0,011	≤0,02
ОК (20 т/га)	3,9±1,4	≤0,09	1,2±0,2	8,5±2,5	≤1,8	≤0,47	239±83	≤0,1	≤0,02
ОК (40 т/га)	≤1,1	≤0,1	13,1±3,8	16,9±4,4	≤1,7	≤0,45	237±82	≤0,08	≤0,017
ОК (60 т/га)	≤0,9	≤0,09	12,6±4,0	≤1,0	≤1,7	≤0,45	27,1±9,5	≤0,08	≤0,015
ПДК ОДК	/122,0	/2,0	/130,0	/132,0	/80,0	5,0/	1500/	10,0/	2,1/

Примечание: К – контроль, МУ – минеральные удобрения, ОК – органоминеральный компост; Ф_{ср.} – средние значения, полученные на исходной почве в 2019 г.

Нельзя не отметить тот факт, что ни естественная, ни удобренная почва по состоянию на апрель 2021 года не превышали ПДК/ОДК в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 [36].

Проведенные испытания на состав высокотоксичных металлов при закладке полевого опыта, позволили проследить снижение их за счет выноса элементов питания кукурузой в 2020 г. и последствия внесенных питательных смесей. Исключение можно заметить в содержании кадмия, свинца и марганца.

Сравнение вариантов различных доз органоминерального компоста с фоном 2019 года характеризовалось увеличением в почве Cd на $\leq 0,01$ мг/кг (ОК 40 т/га), Pb – 4,2-4,7 мг/кг (ОК 40 и 60 т/га), Cu – 6,4-14,8 мг/кг (ОК 20 и 40 т/га).

Результаты лабораторных анализов, проведенных нами в апреле 2021 г. по-прежнему отмечали высокое содержание цинка, свинца и марганца, что можно связать с высокими количествами их на момент закладки опыта в почве, ППН_{КРС} в готовом компосте. Однако на накоплении никеля подобная тенденция не прослеживается.

Применение минеральных удобрений в условиях исследования отрицательно сказалось на экологической безопасности почвы, так как в сравнении с контролем происходит увеличение доли всех ТМ-соединений, кроме мышьяка, никеля и ртути. Содержание Zn возросло на $12,6 \pm 4,3$ мг/кг, Cd – $\leq 0,09$ мг/кг, Pb – $27,4 \pm 8,9$ мг/кг, Cu – $\leq 1,92$ мг/кг, Co – $\leq 0,02$ мг/кг, Mn – 56 ± 20 мг/кг; Hg, напротив, убыло на 0,001 мг/кг; As и Ni – неизменно.

Использование сложного компоста способствовало снижению количества тяжелых металлов в сравнении с показателями естественной почвы. Однако, есть исключения: норма внесения более 20 т/га приводила к накоплению Pb на $3,1-3,6 \pm 0,9$ мг/кг, но снижала содержание ртути; при внесении компоста в норме 20, 40 т/га увеличивалось содержание меди (ОК (20 т/га) – $8,5 \pm 2,5$ мг/кг, ОК (40 т/га) – $16,9 \pm 4,4$ мг/кг).

Результаты лабораторных анализов почвы на экспериментальном поле говорят о возможности использования компоста без риска загрязнения тяжелыми металлами.

3.6 Влияние органоминерального компоста на санитарно-гигиенические показатели почвы

Ключевым фактором получения гигиенически и экологически безопасных органоминеральных удобрений с целью совершенствования и модернизации технологий АПК, контроля качества получаемой продукции считается бактериологическая оценка органических и иных отходов в составе компоста.

В связи с этим мы проанализировали влияние приготовленного нами органоминерального компоста на санитарно-гигиенические показатели почвы изучаемого агроландшафта. Данные проведенной оценки приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Результаты санитарно-бактериологического анализа проб выщелоченного чернозема, КОЕ/г

Показатель	К	МУ	ОК (20 т/га)	ОК (40 т/га)	ОК (60 т/га)
ОМЧ	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$1,2 \times 10^2$	$1,5 \times 10^2$	$1,6 \times 10^2$
Индекс санитарно-показательных микроорганизмов					
Колиформы	0,01	0,01	0,015	0,02	0,02
Энтерококки	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$	$1,0 \pm 0,07$	$1,06 \pm 0,07$	$\leq 1,2$
Микроскопические грибы	$\geq 1,4$	$\geq 1,6$	$\geq 2,9$	$\geq 3,5$	$\geq 4,0$
Наличие бактерий					
Эшерихии – g. Escherichia	Н	Н	Н	Н	Н
Микобактерии – g. Mycobacterium	Н	Н	Н	Н	Н
Сальмонеллы – g. Salmonella	Н	Н	Н	Н	Н
Стафилококки – g. Staphylococcus	Н	Н	Н	Н	Н
Морганеллы – g. Morganella	$0,1 \pm 0,03$	$0,1 \pm 0,03$	$0,8 \pm 0,02$	$0,8 \pm 0,02$	$0,8 \pm 0,02$
Энтеробактерии – g. Enterobacter	$\leq 0,75$	$\leq 0,75$	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$
Цитробактеры – g. Citrobacter	$\leq 0,3$	$\leq 0,3$	$0,4 \pm 0,01$	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$
Клебсиеллы – g. Klebsiella	$0,09 \pm 0,01$	$0,09 \pm 0,01$	$1,0 \pm 0,02$	$1,1 \pm 0,03$	$1,1 \pm 0,03$
Наличие жизнеспособных яиц и личинок гельминтов					
Эймерии – g. Eimeria	$0,07 \pm 0,5$	$0,07 \pm 0,5$	Н	Н	Н
Сетарии – g. Setaria	Н	Н	Н	Н	Н
Аскариды – g. Ascaris	Н	Н	Н	Н	Н
Стронгилиды – g. Strongyloides	Н	Н	Н	Н	Н
Дикроцелии – g. Dicrocoelium	$1,0 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,2$	$0,7 \pm 0,2$	Н	Н
Диктиокаулюсы – g. Dictyocaulus	Н	Н	Н	Н	Н
Наличие личинок и куколок синантропных мух	$0,9 \pm 1,0$	$0,9 \pm 1,0$	Н	Н	Н

Примечание : Н – не обнаружилось

Почва опытного участка перед внесением органоминерального компоста соответствовала умеренно опасной категории, но при внесении высоких доз органоминерального компоста (40 и 60 т/га) удалось достичь улучшения эпидемиологической обстановки.

Представители *g. Escherichia*, *g. Mycobacterium*, *g. Dictyocaulus*, *g. Staphylococcus*, *g. Setaria*, *g. Ascaris*, *g. Strongyloides*, *g. Salmonella* в рамках опыта не были обнаружены ни на контрольном, ни на удобренных вариантах, но зафиксировано незначительное присутствие *g. Klebsiella*, *g. Citrobacter*, *g. Enterobacter*, *g. Morganella*. На контрольном варианте были обнаружены яйца и личинки *g. Dicrocoelium*, *g. Eimeria* и синантропных мух.

При внесении компоста зафиксирован небольшой прирост колиформ и энтерококков на 0,005-0,01 КОЕ/г и $\leq 0,07$ КОЕ/г в сравнении с фоновым вариантом (0,01 и $\leq 1,0$ КОЕ/г), однако превышения санитарно-гигиенических характеристик отмечено не было. Наличие на контрольном варианте равных $0,07 \pm 0,5$; $1,0 \pm 0,2$ КОЕ/г, как и синантропных мух – $0,9 \pm 1,0$.

В Ч^B были обнаружены микроскопические грибы в количествах превышающих отметки 1,4 ед./г, которое растет с поступлением питательных элементов от удобрений: $\geq 1,6$ – МУ, $\geq 2,9$ – 20 т/га ОК, $\geq 3,5$ – 40 т/га ОК, $\geq 4,0$ – 60 т/га ОК. Это объясняется хорошей оструктуренностью почвы, интенсивностью процессов превращения азота в ней и другими положительными агроэкологическими свойствами, достигнутыми сочетанием в композитном веществе избранных отходов. Наличие полезной микрофлоры способствует улучшению санитарно-гигиенических показателей почвы опытного участка.

Пролонгированность компоста, низкая выживаемость и потери инфицирующей способности обнаруженных бактериологических и гельминтологических сообществ вне организма-хозяина позволяет отметить отсутствие заражения почвы учебно-опытного участка в последующие годы (после сбора урожая выращиваемой культуры и настоящий год) и обуславливает эффективность и экологическую безопасность органоминерального компоста.

ВЫВОДЫ

1. Сложный компост, используемый в опыте, включал в себя следующие компоненты: полуперепревший навоз КРС, фосфогипс и солому люцерны в соотношении 5:1:1, 7:1:1 и 9:1:1 соответственно. Период созревания компоста составил 3-4 месяца.

2. Грамотно подобранное сочетание полезных свойств естественных (полуперепревший навоз крупного рогатого скота, солома люцерны) и минеральных (фосфогипс) отходов в составе ценного удобрения пролонгированного действия 7:1:1 явилось оптимальным при использовании компоста в условиях агроландшафта учхоза «Кубань».

3. Применение сложного компоста способствовало снижению содержания нитратов в пределах 0,4-2,1 мг/кг. Доза внесения органоминерального компоста 60 т/га являлась наилучшей и исключала риск накопления нитрат-ионов в почве опытного участка.

4. Внесением сложного компоста в системе агроландшафта достигалась нейтрализация почвенной среды 6,97-7,0. Приемлемой по результатам исследований признана норма компоста в 60 т/га.

5. Использование сложного компоста обусловило снижение количества тяжелых металлов в сравнении с показателями естественной почвы, за исключением концентраций Pb (при 60 т/га) и Cu (при 20, 40 т/га). Превышения ПДК/ОДК не обнаружено.

6. Низкая выживаемость патогенных организмов в условиях опыта, наличие полезной микрофлоры и пролонгированность компоста по результатам санитарно-гигиенического анализа к 2020-2021 гг. способствовало улучшению эпидемиологической обстановки почвы агроландшафта (на примере учхоза «Кубань»).

МЕРОПРИЯТИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА ИССЛЕДУЕМОМ ОБЪЕКТЕ (рекомендации производству)

Агроландшафт объединяет популяции культурных и сорных растений, животных, представителей микроскопической фауны в условиях определенного режима местообитания, сходных типов использования и воздействий человека, и существует длительный период до полного нарушения в ней связей через создание принципиально отличных сообществ. Продолжительное время требуется, прежде чем связь между ними полностью разрушится и образуются радикально разные сообщества.

Сельскохозяйственные земли в зоне исследования и прилегающих к ним территорий выражают необходимость проведения охранных мероприятий по рациональному использованию, сохранению и восстановлению агроландшафтов. Защита растений, основанная на разумном распределении удобрений, оценке динамики популяций полезных и вредных видов и управлении ими, является одним из наиболее важных путей повышения и поддержания плодородия в системе земледелия.

Рекомендации для внедрения в производство были сформулированы в соответствии с результатами эмпирической оценки по завершении экспериментов в условиях агроландшафта УОХ «Кубань» Краснодарского края.

Рекомендуется использовать 60 т/га компоста под основную обработку почвы каждые пять лет в целях сдерживания притока ионов NO_3^- ; усовершенствования агрохимических свойств почвы; улучшения токсикологической и ветеринарно-санитарной обстановки снижением концентрации тяжелых металлов и постепенным обеззараживанием выщелоченного чернозема от патогенной флоры (категория «чистая почва»). Подготовлен он должен быть из следующих компонентов: отход животноводства – ППН_{КРС}, вторсырье минерального происхождения – фосфогипс, и растительные остатки люцерны фосфогипса.

Лучшим соотношением признано 7:1:1.

Применение сложного компоста так же благоприятно сказывается на би-

оразнообразии и численности популяций полезной почвенной фауны, механико-физических свойствах почвы также количественных и качественных показателей возделываемых агрономами культур.

Для поддержания гармоничного состояния Кубанского агроландшафта предлагается следовать ряду правил:

- 1) регулярно контролировать и совершенствовать его категории;
- 2) организовать бесперебойную работу оборудования, используемого на всех этапах производства;
- 3) обеспечить наблюдение и своевременную модернизацию мест содержания скота, отходов и собранного урожая;
- 4) оградить как жилые участки, так и земли при КФХ санитарно-защитными территориями;
- 5) своевременно оптимизировать методику возделывания культур в севообороте.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрометеорологический бюллетень за 2019-2020 гг. Северо-Кавказское управление гидрометеослужбы Краснодар. – Краснодар, 2020.
2. Агроэкологическая эффективность нейтрализованного фосфогипса на выщелоченных черноземах / А. Х. Шеуджен, Н. И. Аканова, М. Ю. Локтионов, А. Н. Лиманский // Актуальные проблемы социально-экономической и экологической безопасности Поволжского региона : сборник материалов VII международной научно-практической конференции / Казанский филиал МИИТ. – Казань, 2015. – С. 90–93.
3. Алексеев А. В. Государственные программы: инструмент управления экономикой / А. В. Алексеев // Экономист. – 2014. – № 6. – С. 20–27.
4. Антоненко Д. А. Использование сложных компостов на основе отходов в системе органического земледелия / Д. А. Антоненко, Ю. Ю. Никифорова, О. А. Мельник // Современная наука : Актуальные проблемы теории и практики. – 2019. – № 11. – С. 7–11.
5. Антоненко Д. А. Оценка токсичности сложных компостов методом биотестирования / Д. А. Антоненко, Ю. Ю. Никифорова, О. А. Мельник // Современная наука : актуальные проблемы теории и практики. Серия : Естественные и технические науки. – 2020. – № 08-2. – С. 5–9.
6. Бекбаев Р. Мелиоративная эффективность фосфогипса на орошаемых землях бассейна рек Аса-Талас / Р. Бекбаев // Международный сельскохозяйственный журнал : юбилейный выпуск (60-тилетие). – 2017. – № 1. – С. 5–11.
7. Белюченко И. С. Использование сложных компостов для восстановления плодородия и продуктивности черноземных агроландшафтов / И. С. Белюченко // Обращение с органическими отходами сельского хозяйства : материалы международной конференции «Обращение с органическими отходами : опыт и перспективы». – Москва : ИД «Отраслевые ведомости», 2018. – С. 70–76.

8. Белюченко И. С. Реутилизация отходов при создании сложных компостов / И. С. Белюченко // Отходы, причины их образования и перспективы использования : материалы Международной научной экологической конференции / КубГАУ. – Краснодар, 2019. – С. 264–275.

9. Возна Л. И. Компосты, почвы, удобрения / Л. И. Возна. – М. : Кладезь, 2013. – 128 с.

10. Вторичное использование отходов при выращивании кукурузы в условиях аграрного ландшафта / Д. А. Антоненко, В. В. Гукалов, Ю. Ю. Никифорова, Г. Ф. Петрик // Отходы, причины их образования и перспективы использования : материалы Международной научной экологической конференции. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – С. 634–641.

11. ГОСТ Р 53117-2008. Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия. – Введ. 2010-01-01 : переиздание 2020-05. – М. : Стандартинформ, 2020. – 15 с.

12. ГОСТ Р 58820-2020 Фосфогипс для сельского хозяйства. Технические условия : национальный стандарт Российской Федерации. – Введ. 2020-01-07. – М. : Стандартинформ, 2020. – 36 с.

13. Гребенников А. М. Оценка пригодности субстратов для рекультивации отвалов фосфогипса / А. М. Гребенников [и др.] // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства : сб. материалов V Международной научной экологической конференции (95-летие КубГАУ). – Краснодар : КубГАУ, 2017. – С. 574–577.

14. Дарвеев Н. Физико-химические свойства чернозема выщелоченного в условиях плодоносящего яблоневого сада / Н. Дарвеев, Л. М. Онищенко // Отходы, причины их образования и перспективы использования : Сб. научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – С. 150–153.

15. Жирмунская Н. М. Огород без химии / Н. М. Жирмунская. – СПб. : Издательство «ДИЛЯ», 2004. – 320 с.

16. Калинина О. В. Возможность рекультивации почв, загрязненных

мазутом / О. В. Калинина, О. А. Мельник // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства : I Всероссийская научная конференция. – Краснодар, 2009. – С. 216–219.

17. Калиниченко В. П. Эффективное использование фосфогипса в земледелии / В. П. Калиниченко // Питание растений. – 2017. – № 1. – С. 2–33.

18. Карабаза Ю. Опыт испытания и регистрации органического удобрения на основе свиного, а также навоза КРС / Ю. Карабаза // Разработка эффективных экостратегий : материалы международного форума «International Forum AgroGreenDeal-2021». – Киев : МИМ-КИЕВ, 2021. – С. 153–160.

19. Кидин В. В. Агрохимия : учебник / В. В. Кидин, С. П. Торшин. – М. : Проспект, 2021. – 608 с.

20. Лабораторные исследования навоза в ходе аэробного компостирования / М. И. Файзуллин, А. Г. Иванов, Е. В. Максимова, Т. В. Бабинцева // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1 (57). – С. 32–42.

21. Лисецкий Ф. Н. Оценка и прогноз направленности почвообразовательного процесса при оросительных мелиорациях земель в степной зоне Украины / Ф. Н. Лисецкий, В. И. Пичура // Доклады Росакадемии с.-х. наук. – 2016. – № 1. – С. 26–30.

22. Малиновский В. Компостирование органических отходов в животноводстве и птицеводстве / В. Малиновский // Разработка эффективных экостратегий : материалы международного форума «International Forum AgroGreenDeal-2021». – Киев : МИМ-КИЕВ, 2021. – С. 143–148.

23. Мельник О. А. Сложный компост как источник органического вещества в почве агроландшафтов / О. А. Мельник // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности : материалы Международной научной экологической конференции. – Краснодар : КубГАУ. – 2018. – С. 287–292.

24. Михайлова Л. А. Агрохимия : в 3 ч. Ч. 1. : Удобрения : виды, свойства,

химический состав / Л. А. Михайлова. – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2015. – 426 с.

25. Муравьев Е. И. Физические особенности фосфогипса и его влияние на свойства почвенного покрова / Е. И. Муравьев // Экологический Вестник Северного Кавказа. – 2010. – Т. 6. – № 2. – С. 34–37.

26. Нефедов А. В. К вопросу применения сельскохозяйственных отходов в повышении плодородия почв / А. В. Нефедов, Н. А. Иванникова // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности : материалы Международной научной экологической конференции. – Краснодар : КубГАУ, 2018. – С. 33–35.

27. Нигматзянов А. С. Использование фосфогипса в сельском хозяйстве для улучшения свойств почвы / А. С. Нигматзянов // Modern Science. – 2020. – № 6–4. – С. 186–190.

28. Никифорова Ю. Ю. Влияние сложного компоста на почвенные характеристики и продуктивность кукурузы в условиях агроландшафта / Ю. Ю. Никифорова, К. В. Новицкая / Наукосфера. – 2020. – № 11(2). – С. 166–171.

29. Об утверждении схемы размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории Краснодарского края [Электронный ресурс] : постановление главы администрации (губернатора) от 05.03.2019 № 114. – Режим доступа : <http://admkrain.krasnodar.ru> (дата обращения : 25.04.2021).

30. Органические отходы животноводства – ценный сырьевой материал / В. Г. Тюрин, Ф. Ф. Лопата, Н. Н. Потемкина, С. И. Тарасов // Экологические проблемы использования органических удобрений в земледелии : Сб. науч. трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Владимир. – ФГБНУ ВНИИОУ, 2015. – С. 67–75.

31. Оценка состояния чернозема выщелоченного южной лесостепной зоны в условиях различных агроэкосистем / Р. Р. Сулейманов [и др.] // Естественные и технические науки. – 2019. – № 10. – С. 132–138.

32. Паспорт гидрометеорологической безопасности Краснодарского края. – Обнинск : ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2017. – 117 с.

33. Патент РФ № 2426291, МПК А01В 79/02, В09С 1/00. Способ биологической рекультивации загрязненных земель карт шламонакопителей отходов химической промышленности / Е. П. Добрыднев, Н. А. Парахуда, Н. Н. Мамась ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина». – № 2010121977/21 ; заявл. 28.05.2010 ; опубл. 20.08.2011, Бюл. № 23. – 5 с.

34. Приготовление и применение компоста. Биогумус и метод «Шербет Суу» : практическое руководство. – Бишкек : ФАО, ЦОКИ, 2018. – 37 с.

35. Розы ветров. Метеорологическая станция II разряда Краснодар, Круглик [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://lakka-sails.ru/winds/34927> (дата обращения : 22.04.2021).

36. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» : санитарные правила и нормы : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 г. №2 : дата введения 2021-03-01. – Москва : Стандартинформ, 2021. – 469 с.

37. Сергеева А. С. Самозаращение отвалов фосфогипса Белореченского химзавода / А. С. Сергеева В. В. Корунчикова // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства : сб. III международной научной экологической конференции. – Краснодар : КубГАУ, 2013. – С. 255–257.

38. Скворцова Е. Б. Использование многомерных статистических методов для классификации и диагностики строения порового пространства почвы в микроморфологических шлифах / Е. Б. Скворцова, В. А. Рожков, Д. Р. Морозов // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. – 2015. – № 79. – С. 36–52.

39. Сложный компост и его влияние на свойства почвы и продуктивность

сельскохозяйственных культур : монография / Д. А. Антоненко [и др.] ; под ред. И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2015. – 181 с.

40. Слюсарев В. Н. Учебная практика по почвоведению с основами геологии : учеб. пособие / В. Н. Слюсарев, Т. В. Швец. – Краснодар : КубГАУ, 2018. – 127 с.

41. Смагин А. В. Физические показатели и механизм слитизации (на примере Предкавказского слитого чернозема) / А. В. Смагин // Почвоведение. – 2020. – № 7. – С. 828–839.

42. Тарасов С. И. Актуальные вопросы загрязнения окружающей среды при использовании органических удобрений / С. И. Тарасов // Экологические проблемы использования органических удобрений в земледелии : сб. науч. тр. Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Владимир. – ФГБНУ ВНИИОУ, 2015. – С. 284–294.

43. Терпелец В. И. Условия почвообразования и почвенный покров г. Краснодара / В. И. Терпелец. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 49 с.

44. Теучеж А. А. Влияние навоза КРС на физико-химические свойства почвы и продуктивность растений / А. А. Теучеж, В. Н. Гукалов // Отходы, причины их образования и перспективы использования : материалы Международной научной экологической конференции. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – С. 486–491.

45. Щеглов Д. И. Процессы почвообразования: учебное пособие / Д. И. Щеглов, Л. И. Брехова. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016. – 58 с.

46. Carson R. *Silent Spring* / R. Carson. – London : Penguin Classics, 2012. – 352 p.

47. Louis R. *Fertiliser les prairies avec les engrais de ferme* / R. Louis // *Gestion et technologie agricoles*. – 2016. – № 10. – P. 6–13.

48. *Miljøfaktorer og menneskers sundhed. Den danske oplevelse* / COWI Consulting Engineers and Planners AS. – København : Forlag «Miljøstyrelsen», 2001. – 377 s.

49. Nietzsche V. R. *Égési és égetési folyamatok: Égés: Alkalmazások a*

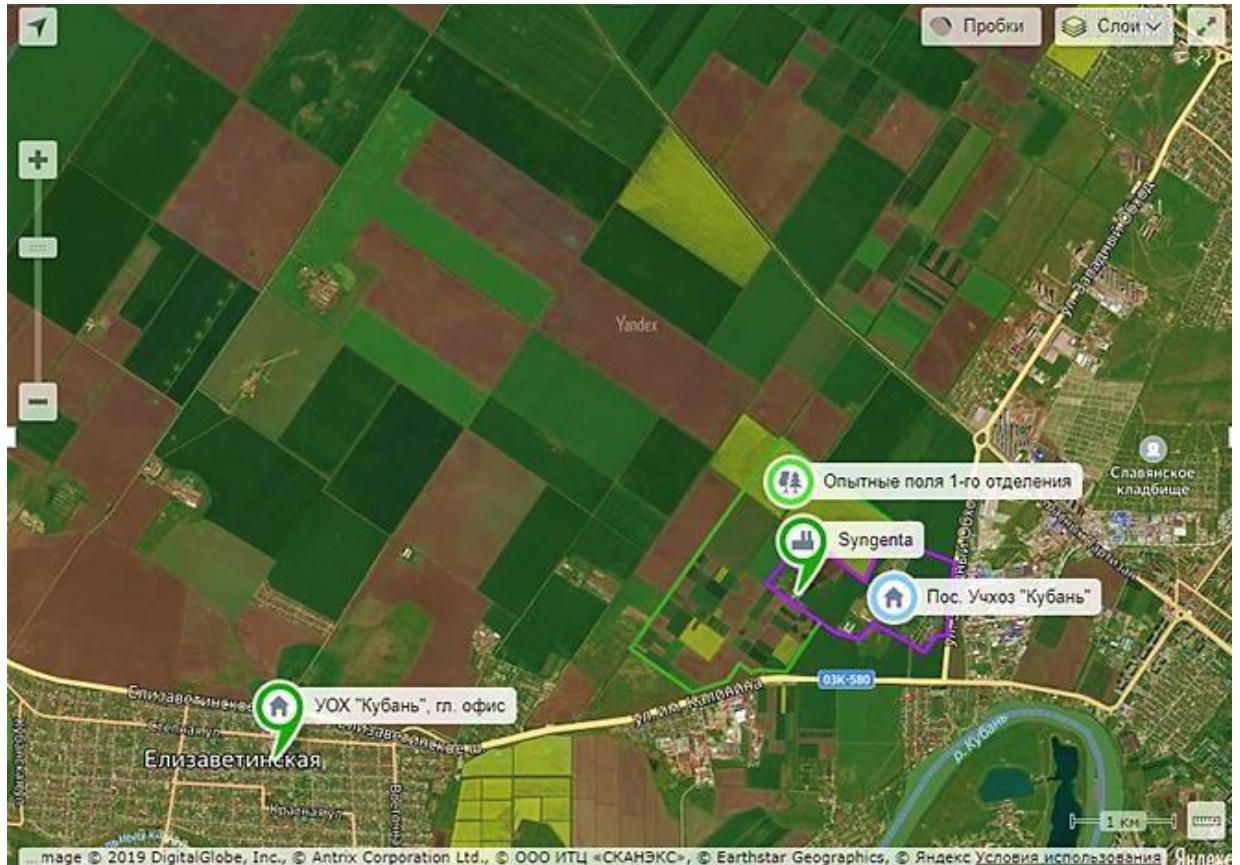
környezettechnika alkalmazásában / V. R. Nietzsche. – 4 kiadás. – Eger : Mosegazdashags, 2010. – 798 o.

50. Singh A. K. Advanced methods dairy farm waste disposal / A. K. Singh, S. Roy, T. Kumari // Managing Nutrients for Profit and Stewardship. Dairy manure management : Newsletter produced ICAR-NDRI. – 2018. – № 5. – P. 5–10.

51. Valorisation des matières fertilisantes d'origine résiduaire sur les sols à usage agricole ou forestier : impacts agronomiques, environnementaux, socio-economiques / S. Houot [et all]. – France : INRA-CNRS-Irstea, 2014. – 930 p.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Географическое положение 1-го отделения УОХ «Кубань»



Посевные площади учхоза «Кубань»

Культура	Площадь, га	Структура посевных площадей, %
Озимая пшеница	1458	24,8
Озимый ячмень	205	3,5
Овес	41	0,7
Кукуруза на зерно	266	4,5
Рис	312	5,3
Всего зерновых	2282	38,8
Подсолнечник	603	10,2
Соя	605	10,3
Рапс	151	2,6
Сахарная свекла	8	0,1
Всего технических культур	1367	23,2
Озимые на зеленый корм	304	5,2
Однолетние травы	568	9,6
Многолетние травы 1 года	323	5,5
Многолетние травы 2 года	288	4,9
в т, ч, сено	124	2,1
зеленый корм	164	2,8
Кукуруза на силос и зеленый корм	760	12,9
Кормовых всего	2239	38,0
Итого посевов	5888	100,0

Сезонная повторяемость направлений ветров в г. Краснодар, %

Скорость, м/с	Повторяемость в %																
	Все румбы	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
Зима 2019-2021																	
Все скорости		2,7	6,1	12,0	16,6	14,4	3,4	1,2	1,3	2,8	6,8	5,8	5,2	6,2	3,0	2,4	1,6
13+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9-10	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7-8	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,2	0,1	0,1	-	-	-
5-6	4,6	-	0,1	0,6	0,8	0,3	-	-	-	0,2	1,0	0,8	0,3	0,3	0,1	-	-
3-4	24,1	0,3	0,7	2,7	4,0	4,0	0,9	0,2	0,1	0,7	2,5	2,1	2,1	2,4	0,8	0,5	0,1
1-2	62,4	2,4	5,3	8,8	11,9	10,1	2,5	1,1	1,2	1,9	2,9	2,7	2,7	3,4	2,1	1,9	1,5
штиль	8,2																
пропуски	-																
Весна 2019-2021																	
Все скорости		2,6	4,0	8,1	12,3	9,8	3,4	1,8	1,5	3,8	10,0	8,3	7,8	7,7	4,1	3,0	1,9

Скорость, м/с	Повторяемость в %																
	Все румбы	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
13+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9-10	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	
7-8	0,8	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	0,3	0,1	-	-	-	-	
5-6	6,6	-	0,1	0,3	0,8	0,7	0,1	-	-	0,3	1,5	1,2	0,7	0,6	0,1	0,1	
3-4	26,4	0,3	0,6	2,0	3,4	3,2	0,7	0,4	0,2	1,0	3,6	2,9	2,9	2,9	1,3	0,8	
1-2	56,2	2,3	3,4	5,8	8,0	5,7	2,6	1,4	1,2	2,5	4,5	4,1	4,1	4,2	2,6	2,2	
штиль	8,4																
пропуски	1,6																
Лето 2019-2020																	
Все скорости		8,0	1,4	10,5	8,2	17,8	3,0	1,1	0,1	0,5	3,4	7,1	2,3	4,3	2,6	5,8	3,1
13+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-6	1,0	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-4	18,8	1,2	-	2,2	2,2	7,3	0,5	0,1	-	-	0,5	2,2	0,5	0,4	0,8	0,4	0,3

Скорость, м/с	Повторяемость в %																	
	Все румбы	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
1-2	59,5	6,8	1,4		8,3	6,0	9,5	2,4	1,0	0,1	0,5	2,9	4,9	1,8	3,9	1,8	5,4	2,9
штиль	17,1																	
пропуски	3,7																	
Осень 2019-2020 г.																		
Все скорости		5,1	2,2		5,6	9,5	16,3	4,9	0,7	0,7	0,5	2,7	6,5	4,5	6,5	2,7	2,6	0,8
13+	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-12	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9-10	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7-8	0,4	-	-		-	0,1	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-6	3,3	0,3	-		-	2,1	0,8	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-4	21,0	1,2	1,1		1,0	2,2	5,6	0,5	0,1	-	-	0,4	2,3	1,5	2,6	1,1	1,1	0,1
1-2	47,3	3,6	1,1		4,7	5,1	9,6	4,3	0,5	0,7	0,5	2,3	4,1	3,0	3,8	1,6	1,5	0,7
штиль	24,2																	
пропуски	3,8																	

Средние месячные и годовые температуры воздуха в Краснодаре, °С
(по данным Краснодарского центра по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды)

Месяц	Среднемесячные температуры по годам, °С		
	2019	2020	2021
Январь	2,9	2,3	1,3
Февраль	3,1	3,8	0,5
Март	6,4	9,3	4,5
Апрель	11,9	10,4	11,1
Май	19,1	16,5	–
Июнь	25,3	22,9	–
Июль	23,0	25,4	–
Август	23,7	23,8	–
Сентябрь	18,6	21,3	–
Октябрь	13,5	16,2	–
Ноябрь	6,5	5,7	–
Декабрь	4,0	1,8	–
Среднегодовые температуры, °С	13,2	13,3	–

Распределение сумм средних месячных и годовых выпавших осадков в г. Краснодар, мм (по данным Краснодарского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды)

Месяц	Среднемесячная сумма осадков, мм		
	2019	2020	2021
Январь	89	64	102
Февраль	29	55	10853
Март	59	18	86
Апрель	44	4	–
Май	53	89	–
Июнь	35	37	–
Июль	132	105	–
Август	38	11	–
Сентябрь	41	89	–
Октябрь	34	17	–
Ноябрь	18	38	–
Декабрь	40	21	–
Средние годовые осадки, мм	610	547	–

Карта опытного участка учебного хозяйства «Кубань»

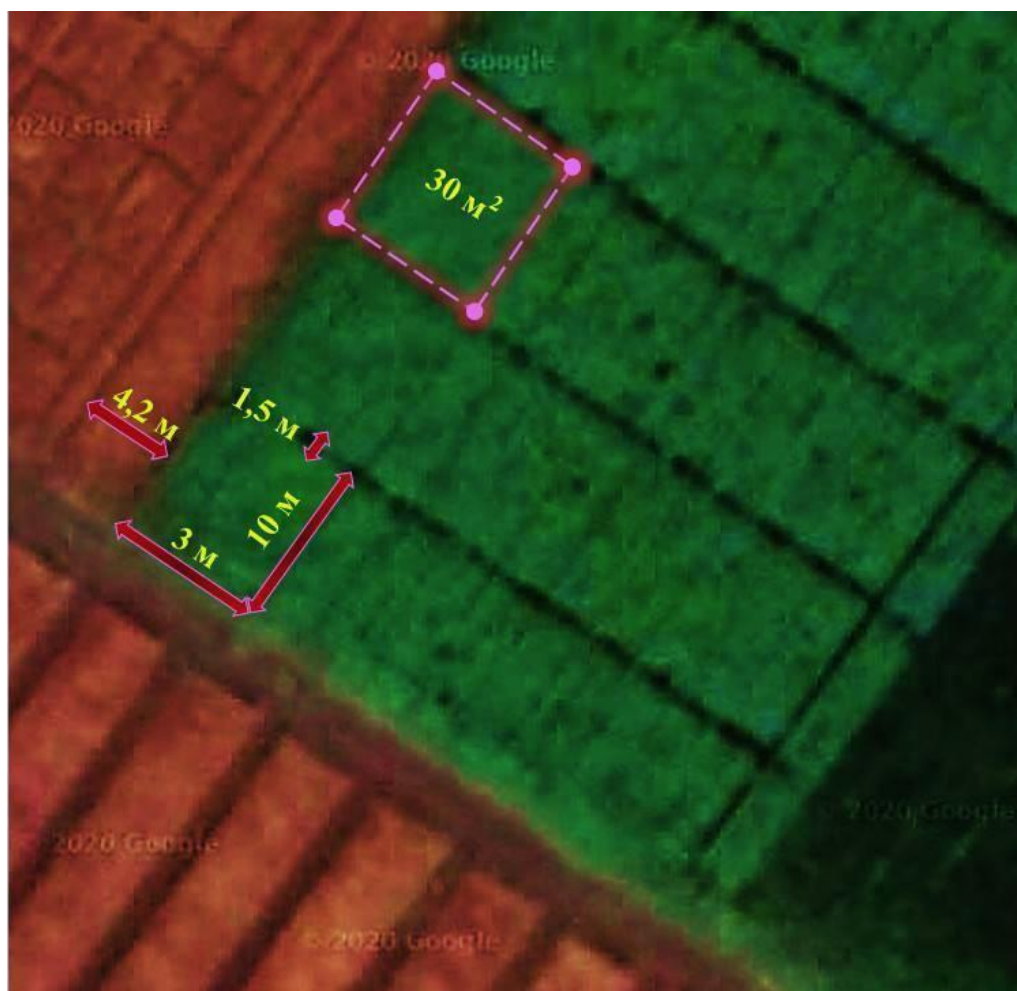
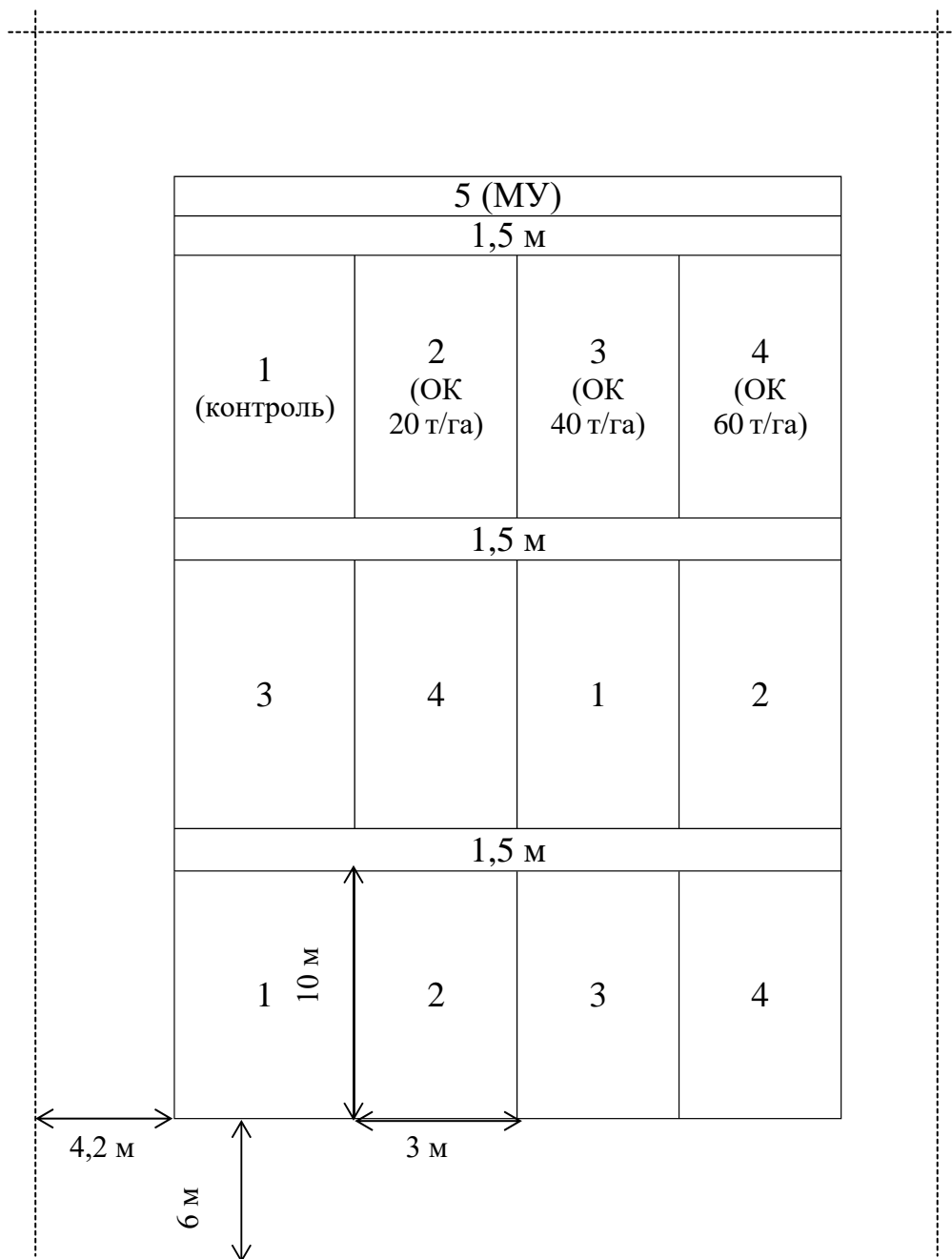


Схема опыта, заложенного в учхозе «Кубань»



Уход за посевами кукурузы и пробоподготовка почвенных образцов

