На правах рукописи

Насонова Ксения Сергеевна

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЁМНЫХ ПОЧВ ВЕРХНЕХАВСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ СВИНОГО НАВОЗА

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение,
защита и карантин растений

Автореферат
диссертации на соискание
учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук

Воронеж 2024

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»

Научный руководитель:	**Стекольников Константин Егорович –** доктор сельскохозяйственных наук, кафедра агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», профессор
Официальные оппоненты:	**Титова Вера Ивановна –** доктор сельскохозяйственных наук, профессор, кафедра агрохимии и агроэкологии, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет», заведующая кафедрой **Мёрзлая Генриэта Егоровна –** доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова», главный научный сотрудник
Ведущая организация	ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина»

Защита диссертации состоится «4» апреля 2024 года в 12 часов 00 минут на заседании диссертационного совета 35.2.008.03, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина 1, ауд. 149; тел./факс: 8(473)253-86-51; e-mail: murka1979@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» и на сайте www.ds.vsau.ru, с авторефератом – на сайте ВАК Министерства образования и науки РФ: www.vak.minobrnauki.gov.ru и ВГАУ: www.ds.vsau.ru

Автореферат разослан «21» февраля 2024 г.

Отзывы об автореферате в двух экземплярах, заверенные и скреплённые гербовой печатью организации, просим направлять учёному секретарю диссертационного совета.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук

Высоцкая
Елена Анатольевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Ведение с.-х. производства и темпы его развития в современном мире значительно увеличились в своих объёмах. Основной идеей является внедрение и применения новых высокоэффективных технологий, которые позволяют в кратчайшие сроки достигать максимальных результатов. В настоящее время в нашей стране, а также непосредственно в Центральном Черноземье, наблюдается резкий рост строительства животноводческих комплексов, так называемых мегаферм на большое поголовье скота.

В настоящее время в Воронежской области производством свинины заняты 44 крупных агрохолдинга. За период с 2019 по 2022 гг. поголовье свиней выросло с 1429 тыс. голов до 1925 тыс. голов. Такая концентрация свиноводства создаёт проблемы с утилизацией свиного навоза. Ситуация осложняется тем, что свинокомплексы размещаются у крупных населённых пунктов, что существенно затрудняет утилизацию навоза, так как внесение его возможно на ограниченной и, как правило, недостаточной площади.

В связи с вышеизложенными аспектами проблема утилизации свиного навоза, как одного из отходов животноводства, воздействующего на окружающую среду и влияющего на физико-химический состав почв, является актуальной и требуют проведения дополнительных исследований. Это обусловило необходимость проведения настоящего диссертационного исследования.

Степень разработанности темы исследования. Существенный вклад в анализ состояния отрасти свиноводства внесли исследования Лукина С.В., Чекмарева П.А., Рассолова С.Н., Колмацкого Г.В. и др.. Исследованиями Титовой В.И. с соавт. показано, что грамотное применение жидкого свиного навоза может существенно повысить производительную способность почв.

Поэтому проблемы развития промышленного животноводства в различных почвенно-климатических условиях России достаточно полно освещены в многочисленных работах последних десятилетий, но работ, посвящённых агроэкологическим проблемам утилизации свиного навоза с влажностью 96-98% в условиях ЦЧР, мало. Это обусловило необходимость проведения автором исследований в производственных условиях Воронежской области.

Цель и задачи исследования. Цель диссертационной работы заключается в изучении агроэкологического состояния чернозёмных почв Верхнехавского района Воронежской области при утилизации свиного навоза.

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

- изучить влияние применения свиного навоза на состав и свойства комплекса чернозёмов типичных с лугово-чернозёмными почвами под влиянием жидкой фракции свиного навоза;
- исследовать влияние длительного применения свиного навоза на содержание, подвижность и характер распределения по профилю органического вещества изучаемых почв;
- исследовать влияние длительного применения свиного навоза на содержание и характер распределения по профилю макроэлементов;
- выявить влияние длительного применения свиного навоза на урожайность сельскохозяйственных культур и их качество.

Научная новизна диссертационного исследования. Впервые в условиях ЦЧР выполнены исследования по влиянию утилизации свиного навоза на агроэкологическое состояние чернозёмных почв.

Установлено, что длительное применение свиного навоза способствует подкислению изучаемых почв, снижению суммы обменных оснований и степени насыщенности основаниями.

Установлено, что длительное внесение свиного навоза повышает содержание и запасы в почве органического вещества. Поступление в почву значительного количества минерального азота в отдельные годы обусловливает превышение ПДК по нитратам и опасность загрязнения грунтовых вод. Длительное внесение свиного навоза повышает запасы общего фосфора, а в его составе возрастает доля органического фосфора. Повышается содержание подвижного фосфора до уровня слабого и среднего зафосфачивания. Изучаемые почвы под влиянием свиного навоза подвергаются зафосфачиванию, от низкого – 500 мг/кг, до высокого уровня – более 1000 мг/кг. Создаётся дисбаланс макроэлементов питания. При существенном избытке подвижного фосфора в минимуме остаётся минеральный азот.

Внесение свиного навоза обеспечивает получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур, возделываемых на кормовые цели.

Теоретическая и практическая значимость работы. Впервые в условиях ЦЧР установлено, что следствием внесения свиного навоза в верхней полуметровой толще пахотных лугово-чернозёмных почв и чернозёма типичного наблюдается резкое, в 1,8-2,5 раза, повышение содержания общего фосфора по отношению к целинной лугово-чернозёмной почве. В составе общего фосфора резко, в 3,4-5,3 раза в лугово-чернозёмных почвах и в 2,7 раза в чернозёме типичном возросла доля органического фосфора.

Изучаемые почвы имеют очень высокое содержание подвижного фосфора. Внесение свиного навоза повышает его содержание в пахотном слое в 2-2,4 раза в чернозёмах типичных и лугово-чернозёмных почвах. По существующей шкале обеспеченности почв подвижным фосфором и зафосфаченности лугово-чернозёмные почвы имеют уровень зафосфачивания от низкого до высокого, а чернозёмы типичные – от низкого до повышенного.

Обеспеченность целинной лугово-чернозёмной почвы обменным калием соответствует 5 классу (высокая). Внесение свиного навоза повышает её в 1,2-2,1 раза в чернозёмах типичных и в 1,4-1,7 раза в лугово-чернозёмных почвах.

Методология и методы исследования. Методология исследований основана на системном подходе к обоснованию и выбору задач для достижения поставленной цели с учётом публикаций отечественных и зарубежных учёных. В работе использованы эмпирические методы исследований (почвенное обследование и лабораторный анализ) теоретические (дисперсионный и корреляционный анализ) а также цифровое и текстовое отображение полученных результатов.

Степень достоверности результатов исследования подтверждается данными проведенного анализа значительного количества опубликованных источников информации, обобщением теоретических достижений российских и за-

рубежных исследователей, собственных экспериментальных данных, полученных в полевых и лабораторных условиях в соответствии с обоснованной целью и задачами исследования, использованием гостированных методик, необходимого количества наблюдений, учётов и анализов, статистической обработкой экспериментальных данных.

Положения, выносимые на защиту:

– хорошо развитый микрорельеф изучаемой территории способствует неравномерности внесения свиного навоза вследствие его перераспределения по элементам микрорельефа, что обусловливает существенную пестроту состава и свойств изучаемых почв;

– длительное внесение свиного навоза обусловливает повышение содержания органического вещества и его подвижность, что обусловливает существенное повышение мощности гумусового горизонта на 20-40 см и более, особенно в лугово-чернозёмных почвах;

– длительное внесение свиного навоза обусловливает высокое поступление в почвы минеральных форм азота, различных форм фосфора, подвижного фосфора и обменного калия, что обусловливает опасность загрязнения грунтовых вод нитратами и зафосфачивание изучаемых почв, формируется дисбаланс макроэлементов питания с явно выраженным дефицитом азота;

– внесение свиного навоза способствует формированию высоких урожаев возделываемых культур.

Апробация результатов исследования. Основные положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в периодических изданиях и докладывались на различных научно-практических конференциях: ежегодных научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава ВГАУ (2020-2023 гг.), национальной научно-практической конференции (Воронеж, 15 сентября 2020 г), национальной научно-практической конференции (Воронеж, 29-30 апреля 2021 г.), международной научно-практической конференции «Коняевские чтения – 2021» (Екатеринбург, 9-10 декабря 2021 г.), международной молодёжной научной школе (Ростов-на-Дону, 27-30 сентября 2022 г.), национальной научно-практической конференции (Воронеж, 19-21 апреля 2022 г.), международной научно-практической конференции молодых ученых и обучающихся (Санкт-Петербург, 2022 и 2023 гг.), всероссийской научно-практической конференции молодых учёных, посвящённой памяти Р.Г. Гареева (Казань,2023 г.).

Личный вклад соискателя. Автор принимал личное участие в планировании и проведении экспериментов, обобщении данных, опубликованных в российских и зарубежных литературных источниках, анализе и обработке результатов собственных исследований (полевые исследования, отбор и анализ почвенных образцов и др.), обработке и систематизации полученных результатов, подготовке научных публикаций и оформлении диссертационной работы (доля участия автора – 80 %).

Публикация результатов исследования. Основные положения и результаты диссертационного исследования нашли отражение в 14 опубликованных

работах (общий объем – 3,35 п.л., из них подготовлено самостоятельно – 2,85 п.л.), из них 2 работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, рекомендаций производству, списка литературы, изложена на 170 страницах компьютерного текста, содержит 29 таблиц, 51 рисунок, 3 схемы и 3 фотоиллюстрации. Список литературы включает 166 источников, в том числе 11 на иностранных языках.

Благодарности. Автор благодарен научному руководителю – доктору сельскохозяйственных наук Стекольникову Константину Егоровичу за методическую помощь и научные консультации по теме исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава I ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В главе подвергнуты анализу научные публикации с обсуждением современного состояния проблемы органических удобрений, в результате сделан вывод о том, что проблема использования в сельском хозяйстве животноводческих отходов свиноводческих комплексов имеет существенные отличия от применения традиционных органических удобрений. Они отличаются, прежде всего, объёмами этих отходов, их физико-химической характеристикой. Данной проблеме до настоящего времени уделяется недостаточное внимание, а агроэкологические проблемы утилизации отходов промышленного свиноводства не решены. Проблема утилизации отходов свиноводства требует дополнительных исследований, что и явилось основанием для проведения настоящих исследований.

Глава II ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являлся комплекс чернозёмов типичных с лугово-чернозёмными почвами ООО МТС Агро Верхнехавского района Воронежской области. Он приурочен к подзоне чернозёмов типичных, обычных лугово-чернозёмных почв. В ландшафтном отношении эта территория входит в Центральный плоскоместный и Южный Битюго-Хопёрский районы Окско-Донской лесостепной провинции. Особенностью объекта исследований является наличием комплексного почвенного покрова.

Изучаемые почвы имели очень высокую сумму обменных оснований в пахотном слое – 46,7 мг-экв/100 г почвы, высокую гумусированность – 7,57 и 8,18% соответственно в чернозёме типичном и лугово-чернозёмной почве. Мощность гумусового горизонта изучаемых почв 70-90 см, причём наблюдается резкое снижение содержания гумуса в переходных горизонтах, в 2-раза. Реакция среды нейтральная.

Содержание подвижного фосфора в пахотном слое чернозёма типичного 35 мг/кг, а лугово-чернозёмной 10 мг/кг, т. е. соответствует низкой и очень низкой обеспеченности. Содержание обменного калия в чернозёме типичном и лугово-чернозёмной почве 60 мг/кг почвы, что соответствует средней обеспеченности.

Жидкая фракция свиного навоза имела влажность 97-98%, содержание азота, фосфора и калия – 0,22%, 0,18% и 0,14% на естественную влажность со-

ответственно. Содержание сухого вещества колебалось в пределах 2,2-1,6%, в среднем 0,19%. Доза внесения 200 $м^3$/га.

Концентрация тяжёлых металлов (Pb, Cd, Hg, As) не превышает ПДК. Таким образом, жидкий свиной навоз соответствует требованиям ГОСТ 33830-2016 по качеству и безопасности.

2.2 Условия почвообразования

Приведена характеристика условий и особенностей почвообразования почв объекта исследований. Показана ведущая роль климата и почвообразующих пород, особенное внимание уделено микрорельефу, обусловливающему формирование комплекса чернозёмов типичных с лугово-чернозёмными почвами вследствие перераспределения атмосферных осадков по элементам микрорельефа.

2.3 Методы исследования

Для выполнения исследований были заложены 7 почвенных разрезов, 3 на чернозёмах типичных, 3 на лугово-чернозёмных почвах. В качестве контроля использовали целинную лугово-чернозёмную почву. Отбор образцов осуществлялся в октябре 2020-2022 годов. Образцы почв отбирались до глубины 1 метр с шагом 20 см. В лабораторных условиях были определены: гумус по Тюрину с фотометрическим окончанием (ОСТ 46 47-76); подвижное органическое вещество по Егорову; pH водной вытяжки потенциометрически в насыщенных водой пастах; pH солевой вытяжки потенциометрически в насыщенных пастах; гидролитическая кислотность по Каппену pH-метрическим методом (ОСТ 46 48-76); сумма обменных оснований трилонометрически; подвижный фосфор и обменный калий по Чирикову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204); общее содержание минеральных и органических фосфатов по Сэндерсу и Вильямсу; нитратный азот с ионоселективным электродом; аммонийный азот с реактивом Неслера.

Глава 3 ВЛИЯНИЕ СВИНОГО НАВОЗА НА СОСТАВ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

3.1 Влияние свиного навоза на физико-химические свойства почв

Целинный участок расположен на границе поля №1 (41 га), на котором заложены разрезы 1 и 2, а разрезы 4-7 заложены на поле №2 (120 га). Разрез 4; заложен на той части поля, где в 2020 году проведено известкование.

Установлено, что чернозёмы типичные имеют в сравнении с лугово-чернозёмными почвами меньшую глубину залегания карбонатов и вскипают по всему профилю, как в разрезе №1, или с глубины 20-40 см. Это обусловлено более интенсивным выщелачиванием карбонатов в лугово-чернозёмных почвах за счёт дополнительного поверхностного увлажнения западин, к которым они приурочены.

Целинная лугово-чернозёмная почва в слое 0-20 см имеет нейтральную реакцию среды, которая изменяется в пределах 6,48-6,82, с амплитудой колебаний 0,34 единицы pH. Пахотные лугово-чернозёмные почвы в слое 0-20 см имеют более низкую величину pH водной вытяжки в сравнении с чернозёмами типичными. Минимальные значения pH водной вытяжки наблюдаются в пахотном слое лугово-чернозёмной почвы (разрез №5), 5,73-6,57 с амплитудой

колебаний 0,84 единицы pH, а максимальная – в чернозёме типичном (разрез №1) 6,48-7,95 с амплитудой колебаний 1,47 единицы pH. Подобные закономерности выявлены и для pH солевой вытяжки (см. рис. 1).

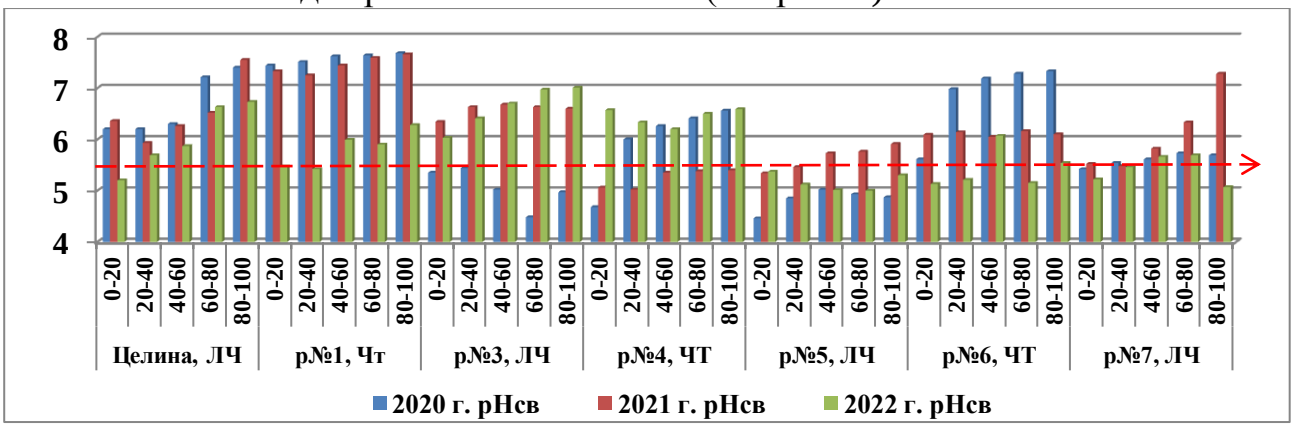


Рисунок 1 – Влияние внесения свиного навоза на величину pH солевой вытяжки чернозёмных почв (НСР $_{095}$ 0,67)

Красной пунктирной линией на рисунке 1 показан уровень pH солевой вытяжки 5,5, ниже этой величины чернозёмные почвы нуждаются в известковании. Такая нуждаемость по всем срокам наблюдений выявлена у лугово-чернозёмной почвы (разрезы №5 и 7), и у чернозёма типичного (разрез №4). На части 2 поля №, где заложен 4 разрез, в 2020 году было проведено известкование. Поэтому в 2021 pH солевой вытяжки повысилась, а в 2022 году достигла величины 6,7 единицы pH, т.е. стала нейтральной. Размах колебаний pH солевой вытяжки заметно выше, чем водной вытяжки. Минимален он в целинной лугово-чернозёмной почве и существенно возрастает на пашне. Это свидетельствует о существенном влиянии на данный показатель внесения свиного навоза.

Внесение свиного навоза существенно повышает величину гидролитической кислотности изучаемых почв. Основной причиной таких изменений является влияние свиного навоза, особенно в годы его внесения. Наиболее наглядно изменения гидролитической кислотности представлены на рисунке 2.

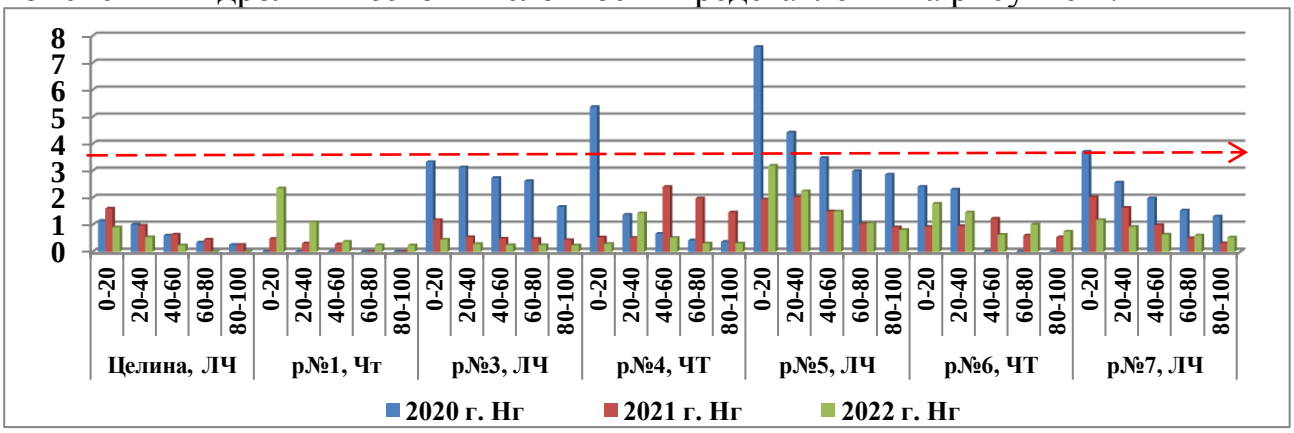


Рисунок 2 – Влияние внесения свиного навоза на величину гидролитической кислотности чернозёмных почв, мг-экв/100 г почвы)

Красной пунктирной линией на рисунке 2 показан уровень 3,5 мг.-экв/100 г почвы, ниже которого почва не нуждается в известковании. Установлено, что целинная лугово-чернозёмная почва и рядом расположенный участок чернозёма типичного имеют минимальную величину гидролитической кислотности в

слое 0-20 см и по всему профилю по всем годам наблюдений. Внесение свиного навоза резко повышает величину гидролитической кислотности в пахотном слое и по профилю, особенно в 2020 году. И если повышение гидролитической кислотности в пахотном слое этом году наблюдается в чернозёме типичном (разрез №4), то её максимальная величина наблюдается в лугово-чернозёмной почве (разрез №5) – 7,59 мг-экв/100 г почвы, т.е. в 6,6 раза выше, чем на целине. В лугово-чернозёмной почве (разрез №6) гидролитическая кислотность выше 3,5 мг-экв/100 г почвы. Именно поэтому проведено известкование части поля №2, на которой размещён разрез №4 – чернозём типичный, в 2020 году было выполнено известкование, т.к. гидролитическая кислотность достигла 5,37 мг-экв/100 г почвы. На этой части поля, после проведения известкования в последующие годы наблюдений гидролитическая кислотность резко снизилась по всему профилю.

Помимо кислотности о состоянии почвенного поглощающего комплекса судят по величине суммы обменных оснований (см. рис. 3).

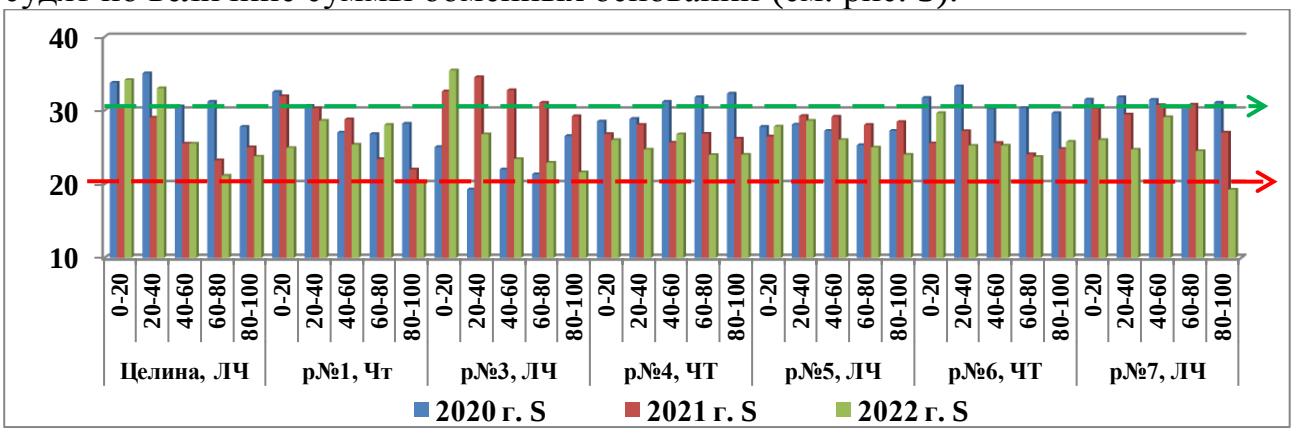


Рисунок 3 – Влияние внесения свиного навоза на величину суммы обменных оснований чернозёмных почв, мг-экв/100 г почвы

На рисунке 3 красной пунктирной линией обозначена величина суммы обменных оснований 20 мг-экв/100 г почвы в пахотном слое соответствующая повышенному уровню, а зелёной пунктирной линией 30 мг-экв/100 г почвы, соответствующий очень высокому уровню. Этому уровню, как следует из данных рисунка 3, соответствует целинная лугово-чернозёмная почва, а в остальных почвах он превышается только в отдельные годы. Сумма обменных оснований является одним из стабильных показателей состояния почвенного поглощающего комплекса. Наши данные свидетельствуют о значительной изменчивости её по годам исследований.

Сумма обменных оснований изменяется по всему профилю, но характер её изменений неодинаков в чернозёмах типичных и лугово-чернозёмных почвах. Если на целинной лугово-чернозёмной почве действует только естественный фактор, то на пахотных почвах ещё и антропогенный. Это проявляется в амплитуде колебаний суммы обменных оснований по профилю изучаемых почв. В пахотном слое целинной лугово-чернозёмной почвы амплитуда колебаний суммы обменных оснований равна 3,65 мг-экв/100 г почвы. У пахотных лугово-чернозёмных почв она составляет 10,39, 1,35 и 5,51 мг-экв/100 г почвы соответственно (разрезы 3, 5, 7), а у чернозёмов типичных 7,59, 2,53 и 6,17 мг-

экв/100 г почвы соответственно (разрезы 1, 4, 6). Различия в интенсивности и размахе изменений суммы обменных оснований обусловлены микрорельефом изучаемой территории, особенно глубиной вреза и площадью западин. Это определяет уровень перераспределения атмосферных осадков и вносимого свиного навоза.

Комплексным показателем состояния почвенного поглощающего комплекса чернозёмных почв является степень насыщенности основаниями. Как следует из полученных нами данных, целинная лугово-чернозёмная почва не нуждается в проведении известкования, т.к. степень насыщенности основаниями за весь период наблюдений превышает уровень 93% по всему профилю. Наиболее высокая степень насыщенности основаниями выявлена у чернозёма типичного (разрез №1) по всему профилю, что обусловлено высоким залеганием карбонатов. Именно поэтому здесь наблюдается самая стабильная за годы наблюдение степень насыщенности основаниями. Минимальная степень насыщенности основаниями выявлена у лугово-чернозёмной почвы (разрез №5), она ниже 93% по всем годам наблюдений, особенно в 2020 году, когда она снижается до 79%. В последующие годы она возрастает, однако остаётся ниже 93%.

Полученные результаты позволяют нам сделать вывод о подкисляющем эффекте внесения свиного навоза на изучаемые почвы. Это проявляется в снижении pH водной и солевой вытяжки, уменьшении суммы обменных оснований и снижении степени насыщенности основаниями. В наибольшей степени это проявляется по отрицательным формам рельефа, к которым приурочены лугово-чернозёмные почвы.

3.2 Влияние свиного навоза на содержание и характер распределения по профилю органического вещества

Важнейшим показателем агроэкологического состояния чернозёмных почв является содержание, характер распределения по профилю и запасы органического вещества (ОВ). Влияние внесения свиного на ОВ показано на рисунке 4.

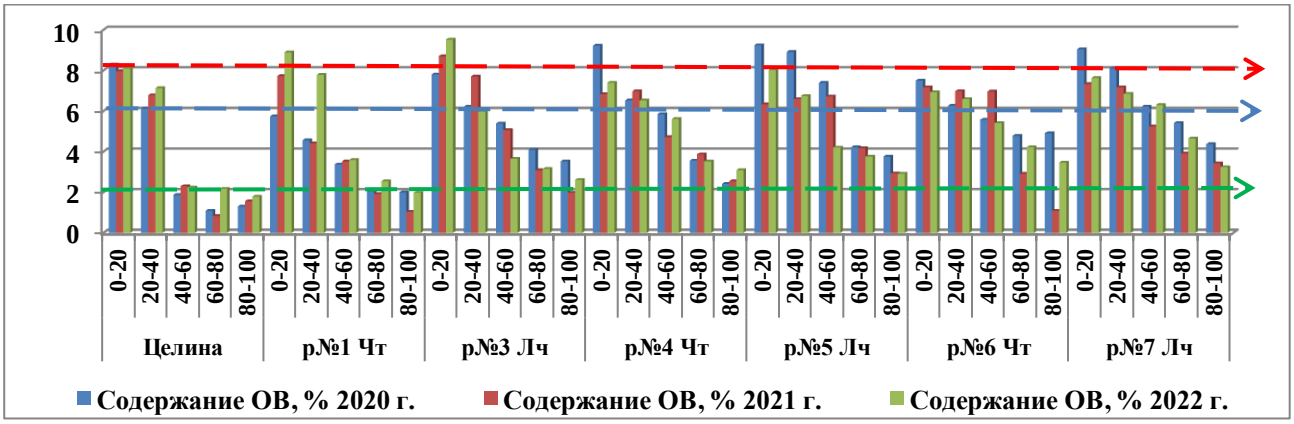


Рисунок 4 – Влияние внесения свиного навоза на содержание органического вещества в изучаемых почвах, % ($НСР_{095}$1,31)

Синей пунктирной линией на рисунке 4, отмечен уровень содержания ОВ = 6% – верхний уровень малогумусной градации, а зелёной пунктирной линией 8% – верхний уровень среднегумусной градации.

По содержанию ОВ в пахотном слое изучаемые почвы относятся к высокогумусным, что характерно для чернозёмных почв Верхнехавского района. Содержание ОВ в пахотном слое изучаемых почв за изучаемый период очень динамично. Это обусловлено внесением свиного навоза. Он вносится внутрипочвенно. На целине в слое 0-20 см содержание ОВ достаточно стабильно. Отметим неодинаковое изменение содержания ОВ в разрезах чернозёмов типичных и лугово-чернозёмных почв. Так на поле №1 максимальное содержание ОВ наблюдается в 2022 году после внесения навоза, а на поле №2 в 2020 году и тоже после внесения навоза. Обращает на себя внимание варьирование содержания ОВ в пахотном слое изучаемых почв. Зелёной пунктирной линией на рисунке 6 показан уровень содержания ОВ 2% – соответствующий нижней границе органопрофиля. В целинной лугово-чернозёмной почве мощность органопрофиля составляет 60 см, а в чернозёмах типичных и пахотных аналогах лугово-чернозёмных почв его мощность возрастает до 100 см и более. Несомненно, это следствие длительного применения свиного навоза.

Несомненный интерес представляют данные по распределению запасов ОВ по профилю изучаемых почв. Это наглядно представлено на рисунке 5.

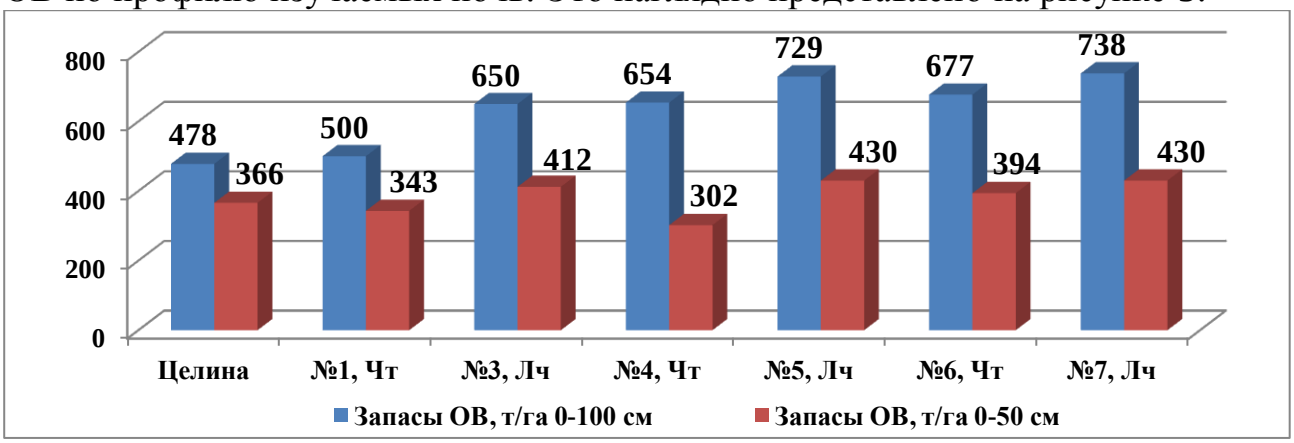


Рисунок 5 – Влияние внесения свиного навоза на запасы ОВ в слое 0-100 и 0-50 см, т/га

Запасы ОВ в слое 0-100 см целинной лугово-чернозёмной почвы составляют 478 т/га. Внесение свиного навоза существенно повышает его запасы как в пахотных аналогах целинной лугово-чернозёмной почвы, так и в че5рнозёмах типичных. Отметим, что запасы ОВ в лугово-чернозёмных почвах выше, чем в чернозёмах типичных. Если в лугово-чернозёмных почвах он варьирует в пределах 650-738 т/га, то в чернозёмах типичных в пределах 500-677 т/га, т.е. на 51-150 т/га выше.

Установлено, что между содержанием ОВ и фракцией крупной пыли существует тесная связь. Связь ОВ с фракцией тонкой пыли на целине средняя, а на пахотных почвах тесная. Связь содержания ОВ с фракциями ила и физической глины варьирует от слабой, до тесной отрицательной. На закрепление ОВ в почвах решающее значение имеет наличие свободного кальция. Гуматы кальция малорастворимы в воде, и практически не мигрируют по профилю. Результаты определения подвижного ОВ (ПОВ) в изучаемых почвах представлены н рисунке 6.

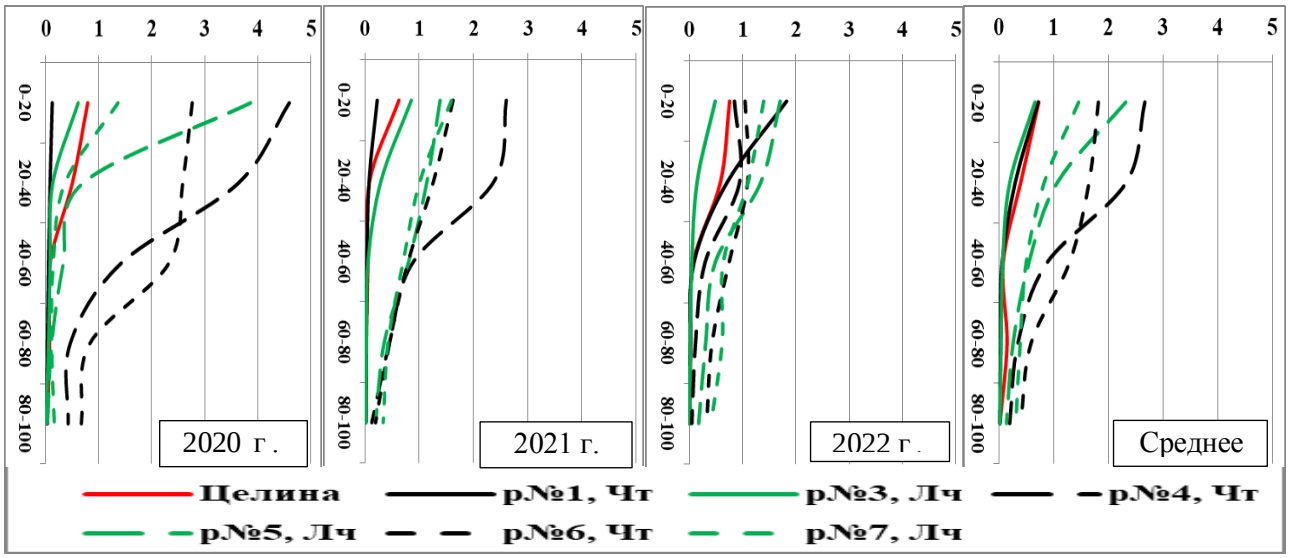


Рисунок 6 – Влияние внесения свиного навоза на содержание и характер распределения по профилю подвижного органического вещества, в % ($НСР_{095}$0,53)

На целинной лугово-чернозёмной почве содержание ПОВ было наиболее стабильным по годам наблюдений. Его содержание в верхнем 0-20 см слое варьировало в пределах 0,63-0,80%, т.е. амплитуда колебаний составляла 0,17%. Максимальное количество ПОВ извлекалось из почв, расположенных на поле №2. В очень широком диапазоне на этом поле изменяется и амплитуда колебаний содержания ПОВ. В чернозёмах типичных (разрезы 4 и 6) она составляет 3,75 и 1,72% соответственно. В лугово-чернозёмных почвах (разрезы № 5 и 7) амплитуда колебаний содержания ПОВ ниже и составляет 2,16 и 0,97% соответственно. Распределение ПОВ по профилю в изучаемых почвах прогрессивно убывающее. Столь же существенны колебания запасов ПОВ. Они изменяются в пахотном слое в очень широких пределах от 13,86-17,60 т/га в целинной лугово-чернозёмной почве до 18,70-101,20 т/га в чернозёме типичном (разрез №4). Внесение свиного навоза повышает содержание подвижного органического вещества. Содержание подвижного органического вещества имеет тесную отрицательную связь с pH водной и солевой вытяжки, связь с суммой обменных оснований варьирует от средней до тесной.

Глава 4 ВЛИЯНИЕ СВИНОГО НАВОЗА НА СОДЕРЖАНИЕ И ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО ПРОФИЛЮ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ

4.1 Влияние свиного навоза на содержание и характер распределения по профилю минерального азота

Длительное внесение свиного навоза повышает содержание нитратного азота в изучаемых почвах. Нитраты в отличие от аммонийного азота не закрепляются почвенным поглощающим комплексом почв. При достаточном или избыточном увлажнении нитраты мигрируют с нисходящим током влаги в нижнюю часть профиля и за его пределы. При высоком уровне грунтовых вод возникает опасность загрязнения их нитратами. Красной пунктирной линией на рисунке 7 отмечен уровень ПДК по нитратам.

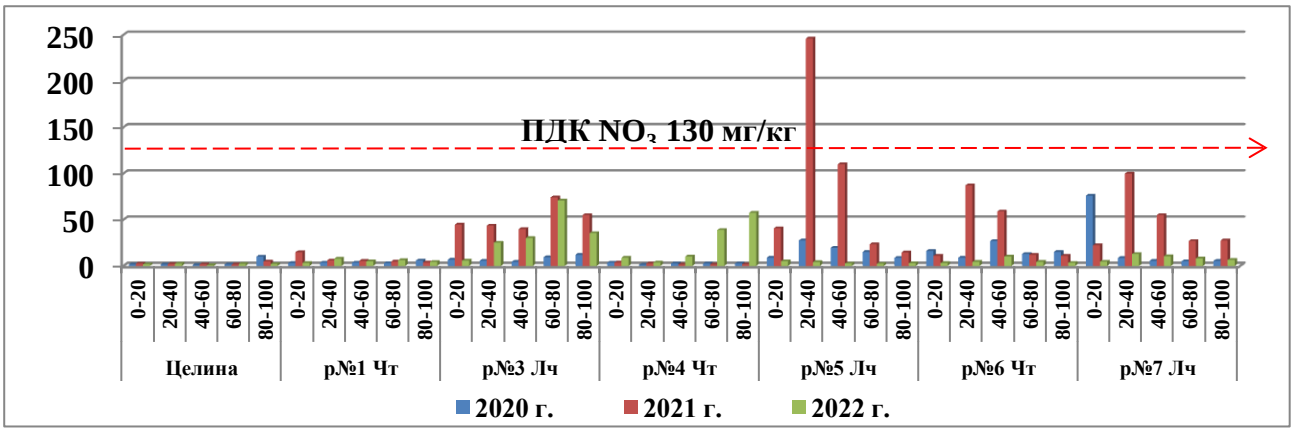


Рисунок 7 – Влияние внесения свиного навоза на содержание нитратов в изучаемых почвах, мг/кг

Как следует из полученных нами данных, угроза загрязнения грунтовых вод нитратами вполне реальна. По всем годам наблюдений выявляется резкое колебание содержания нитратов в исследуемых почвах. Столь заметные различия по содержанию нитратов в изучаемых почвах обусловлено хорошо развитым микрорельефом территории. В западины поступает дополнительное количество свиного навоза, что и является причиной повышенного содержания нитратов в лугово-чернозёмных почвах.

После внесения свиного навоза нитраты мигрируют по профилю, о чем свидетельствуют полученные нами данные (см. рис. 7). Как правило, в лугово-чернозёмных почвах содержание нитратов выше, чем в чернозёмах типичных.

Максимальное содержание нитратов в профиле наблюдалось в 2021 году. Если на целине содержание нитратов находится в пределах 1,5-4,8 мг/кг, то в рядом расположенном чернозёме типичном на поле №1 оно возрастает до 3,7-14,8 мг/кг почвы, а в лугово-чернозёмной почве до 39,8-55,0 мг/кг почвы. На поле №2 содержание нитратов в чернозёмах типичных резко возрастает с 1,5-3,6 до 11,0-87,1 мг/кг почвы. На этом же поле содержание нитратов в лугово-чернозёмных почвах возрастает от 22,4-99,9 (разрез №7) до 14,5-246,0 мг/кг почвы (разрез №5), т.е. превышает ПДК по нитратам почти в два раза. Внутрипочвенное внесение свиного навоза обусловливает максимальное содержание нитратного азота на глубине внесения – в слое 20-40 см. Особенно ясно это видно на поле №2 в лугово-чернозёмных почвах содержание нитратного азота в этом слое достигает 246,0 мг/кг и 99,9 мг/кг почвы в разрезах № 5 и 7 соответственно. В чернозёме типичном (разрез №6) в слое 20-40 см содержание нитратного азота достигает 87.1 мг/кг почвы.

Аммонийный азот способен закрепляться в почве в обменном и необменном состоянии. Установлено что внесение свиного навоза оказывает влияние на содержание аммонийного азота только в нижней части профиля по сравнению с целинной лугово-чернозёмной почвой. Данные о влиянии свиного навоза на содержание аммонийного азота представлены на рисунке 8. По данным рисунка 8, содержание аммонийного азота в слое 0-20 см в целинной почве изменяется по годам исследований в пределах 24,80-31,68 мг/кг. В слое 80-100 см содержание аммонийного азота составляет 9,60-15,44 мг/ кг почвы. Как следует из данных рисунка 8, в чернозёмах типичных и лугово-чернозёмных почвах со-

держание аммонийного азота в слое 0-20 см ниже, чем на целинной лугово-чернозёмной почве.

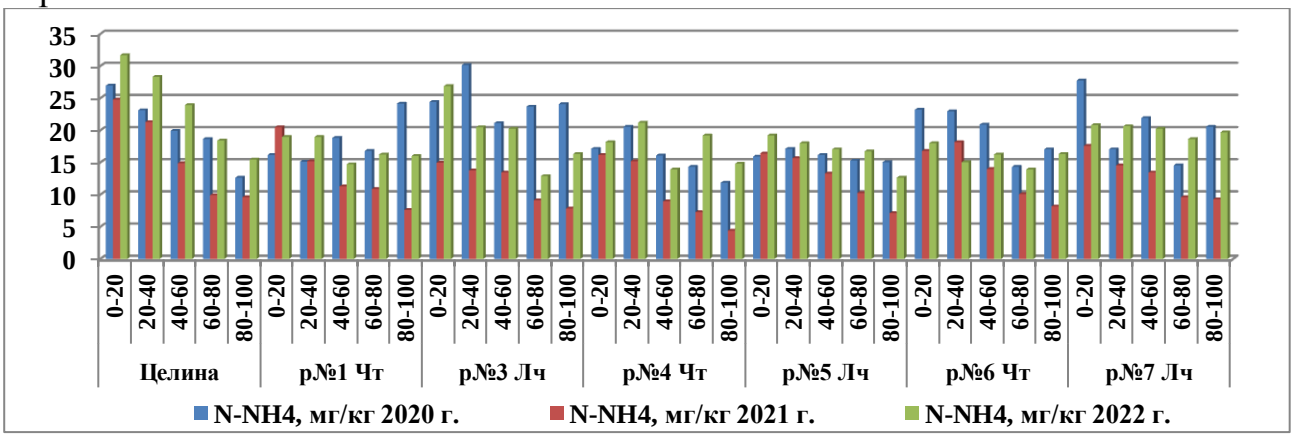


Рисунок 8 – Влияние внесения свиного навоза на содержание и характер распределения по профилю аммонийного азота в изучаемых почвах ($НСР_{095}$ 6,14)

В пахотном слое чернозёмов типичных содержание аммонийного азота варьирует в пределах 16,16-23,20 мг/кг почвы, а в лугово-чернозёмных почвах 14,96-27,76 мг/кг почвы.

В слое 80-100 см содержание аммонийного азота в чернозёмах типичных и лугово-чернозёмных почвах выше, чем на целине, но варьирует в более широком диапазоне 4,40-24,16 и 7,84-24,08 мг/кг почвы соответственно. Такое положение обусловлено поступлением аммонийного азота с жидкой фракцией свиного навоза в нижнюю часть профиля за счёт нисходящего тока влаги в изучаемых почвах.

4.2 Влияние свиного навоза на содержание и характер распределения по профилю различных форм фосфора

В рабочей гипотезе мы предполагали, что длительное внесение свиного навоза может обусловить развитие зафосфачивания изучаемых почв. Мы исходили, прежде всего, из обогащённости свиного навоза фосфором. Она подтвердилась по результатам рекогносцировочного обследования изучаемой территории, выполненного в середине июля 2019 года. В виду преобладания в почвенном покрове лугово-чернозёмных почв в качестве эталона, с которым предполагали сравнивать полученные результаты, использовали целинный участок. Целинный участок граничит с полем №1. Разрез №1 был заложен на части целины, распаханной в 2019 году. Разрезы №3 и 4 были заложены на поле №2. В образцах почв, отобранных по генетическим горизонтам, помимо общих анализов было определено содержание ОВ и различных форм фосфора. Данные представлены на рисунке 9.

Как следует из данных рисунка 9, наибольшие изменения в содержании общего фосфора наблюдаются в пределах гумусового горизонта. Если в целинной лугово-чернозёмной почве в горизонте А содержится 2057 мг/кг почвы общего фосфора, то в пахотных лугово-чернозёмных почвах его содержание возрастает до 3759 и 5343 мг/кг, а в чернозёме типичном до 4192 мг/кг почвы. Т.е. в верхней полуметровой толще, пахотных лугово-чернозёмных почв и чернозёма типичного наблюдается резкое, в 1,8-2,5 раза, повышение содержания общего фосфора.

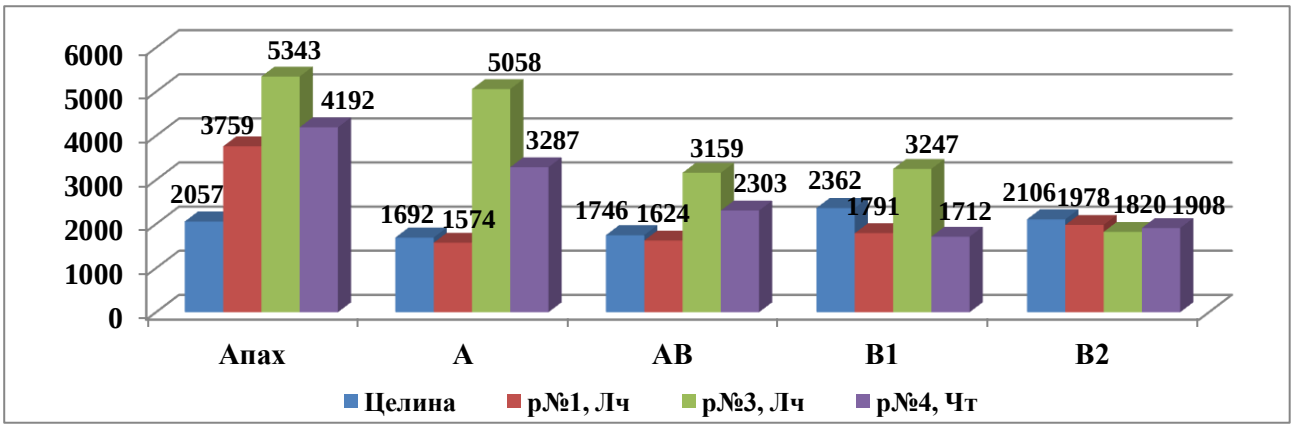


Рисунок 9 – Влияние внесения свиного навоза на содержание общего фосфора

В составе общего фосфора резко возросла доля органического фосфора (см. рис. 11).

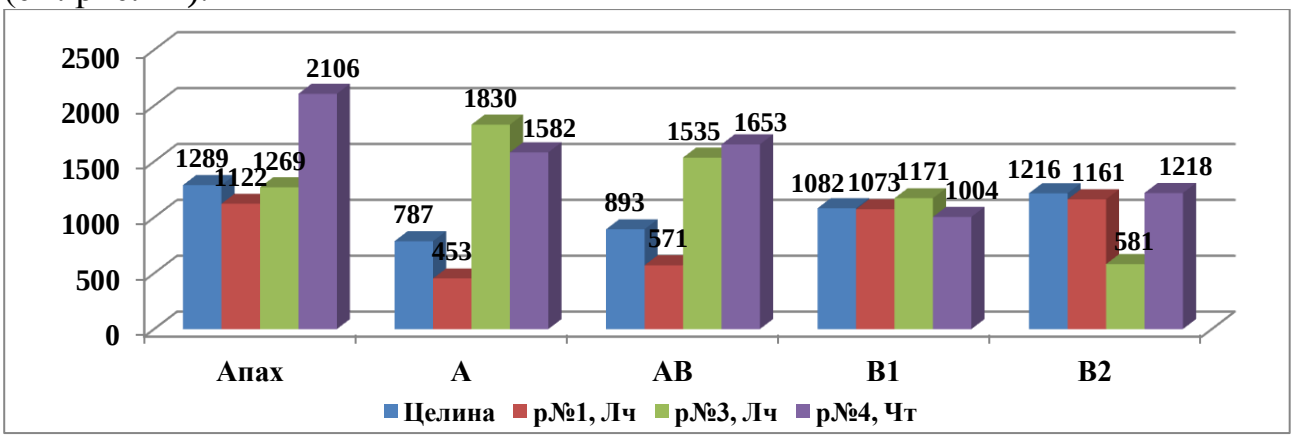


Рисунок 10 – Влияние внесения свиного навоза на содержание минерального фосфора

На рисунке 10 показано влияние внесения свиного навоза на содержание минерального фосфора. Отметим, что содержание минерального фосфора ниже, чем органического. Это так и должно быть, ведь со свиным навозом фосфор поступает в органической форме. Профиль изучаемых почв наиболее дифференцирован по содержанию органического фосфора (см. рис. 11).

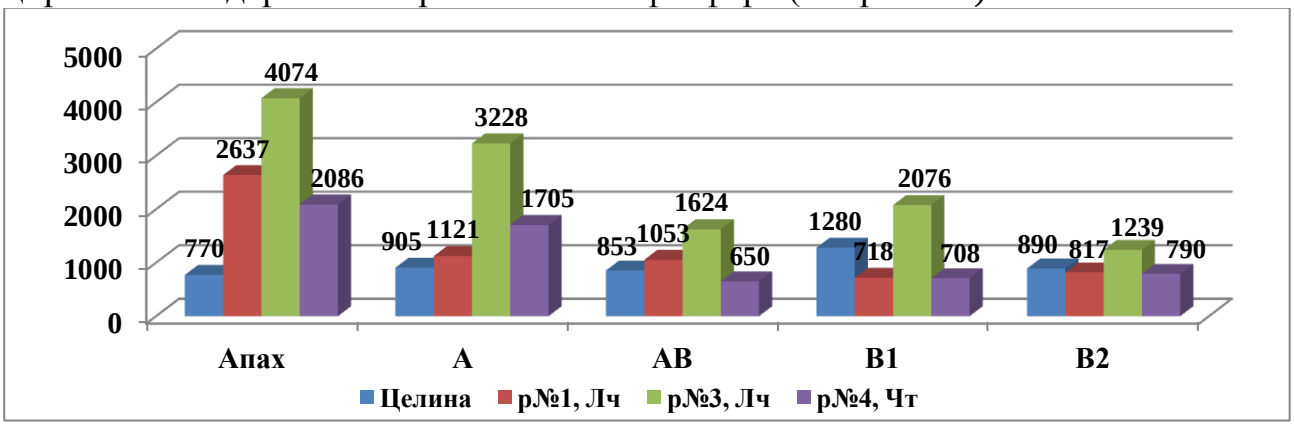


Рисунок 11 – Влияние внесения свиного навоза на содержание органического фосфора

В пределах верхней части гумусового горизонта содержание органического преобладает в сравнении с целинной лугово-чернозёмной почвой. Если в

ней содержание органического фосфора в горизонте $A_{пах}$ составляет всего 770 мг/кг, то в чернозёме типичном 2086 мг/кг, а в лугово-чернозёмных почвах 2637 и 4074 мг/кг почвы, что в 2,7, 3,4 и 5,3 раза выше. В горизонте А содержание органического фосфора минимально в целинной лугово-чернозёмной почве – 905 мг/кг почвы, а максимальное в лугово-чернозёмной почве (разрез №3) – 3228 мг/кг почвы. По содержанию органического фосфора в горизонте АВ сохраняются особенности его содержания, как и в горизонте А, только минимальное содержание – 650 мг/кг почвы наблюдается в чернозёме типичном.

В иллювиальных горизонтах B_1 и B_2 соблюдается примерно одинаковый характер содержания органического фосфора, различие в основном в его количестве. В горизонте B_1 содержание органического фосфора в целинной лугово-чернозёмной почве и особенно в лугово-чернозёмной почве (разрез №3) существенно выше, чем в горизонте B_2.

Таблица 1 – Влияние внесения свиного навоза на содержание минерального и органического фосфора, в % от общего фосфора

Генетич. горизонт	Целина	р№1, Лч	р№3, Лч	р№4, Чт	Целина	р№1, Лч	р№3, Лч	р№4, Чт
	$P_2O_{5мин}$, %				$P_2O_{5орг}$, %			
$A_{пах}$	62,66	29,84	23,75	50,24	37,34	70,16	76,25	49,76
А	46,51	28,78	36,18	48,13	63,49	72,22	63,82	51,87
АВ	51,14	35,16	48,59	71,77	49,86	64,84	51,41	28,23
B_1	45,80	59,91	36,06	58,64	64,20	40,09	63,94	41,36
B_2	57,77	58,70	31,92	63,84	42,23	41,30	68,08	46,16

В таблице 1 показано долевое участие в составе общего фосфора минеральной и органической формы. Установлено, что на целине преобладает минеральная, а в пахотных лугово-чернозёмных почвах органическая форма фосфора.

4.3 Влияние свиного навоза на содержание и характер распределения по профилю подвижного фосфора

Установлено, что повышение содержания подвижного фосфора наблюдаются не только на глубине внесения свиного навоза, а по всему профилю (см. рис. 12.

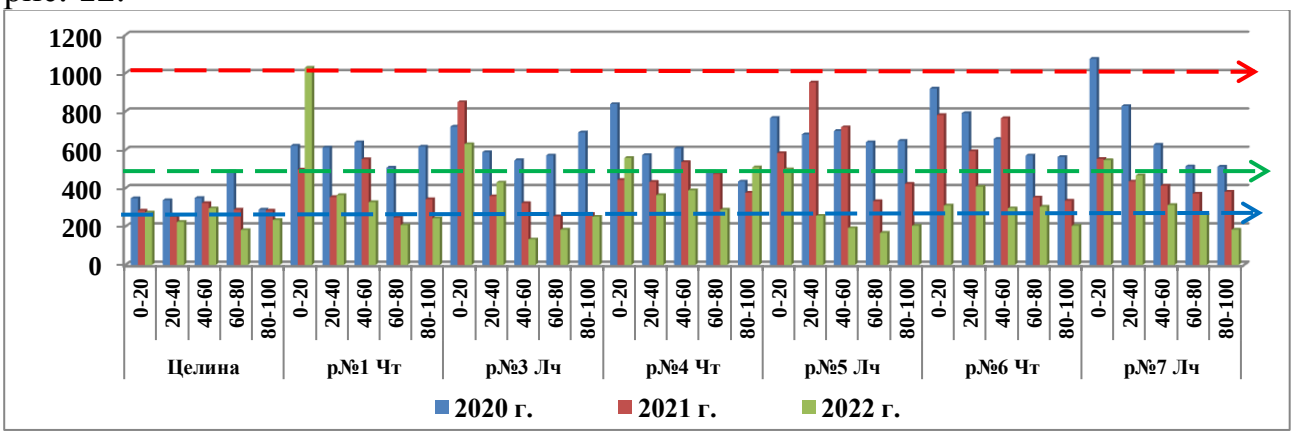


Рисунок 12 – Влияние внесения свиного навоза на содержание подвижного фосфора в изучаемых почвах, мг/кг

На рисунке 12, синей пунктирной линией показан уровень 250 мг/кг – очень высокой обеспеченности подвижным фосфором. Зелёной пунктирной линией показан уровень низкой степени зафосфачивания (501-750 мг/кг), а

красной пунктирной линией показан уровень повышенной зафосфаченности (1001-2000 мг/кг). И если в слое 0-20 см содержание подвижного фосфора в целинной лугово-чернозёмной почве в среднем за три года наблюдений находилось на уровне 301 мг/кг почвы, то в чернозёмах типичных оно повысилось до 613-716 мг/кг, а в лугово-чернозёмных почвах до 616-733 мг/кг почвы.

Нами т. о. установлено, что по отношению к целинной почве содержание подвижного фосфора возросло более чем в 2 раза.

Обеспеченность целинной лугово-чернозёмной почвы подвижным фосфором очень высокая. В слое 0-20 см она варьирует в пределах 273-347 мг/кг почвы. У лугово-чернозёмных почв в пахотном слое содержание подвижного фосфора варьирует в пределах от 256-952 мг/кг (разрез №5) до 546-1075 мг/кг почвы (разрез №7), а степень зафосфачивания изменяется, от низкой до высокой. В пахотном слое чернозёмов типичных содержание подвижного фосфора варьирует от 443-839 (разрез №4) до 497-1028 мг/кг почвы (разрез №1). Зафосфаченость чернозёмов типичных оценивается от низкой, до повышенной.

Установлено, что длительное внесение жидкого свиного навоза обусловливает существенное повышение содержания подвижного фосфора, и зафосфачивание изучаемых почв до повышенного в чернозёмах типичных, и высокого в лугово-чернозёмных почвах. Зафосфачивание как процесс ещё недостаточно изучено. На содержание подвижного фосфора нет ПДК.

Нами определено среднее за годы наблюдений содержание подвижного фосфора и его градиенты за годы исследований. Данные представлены на рисунке 14.

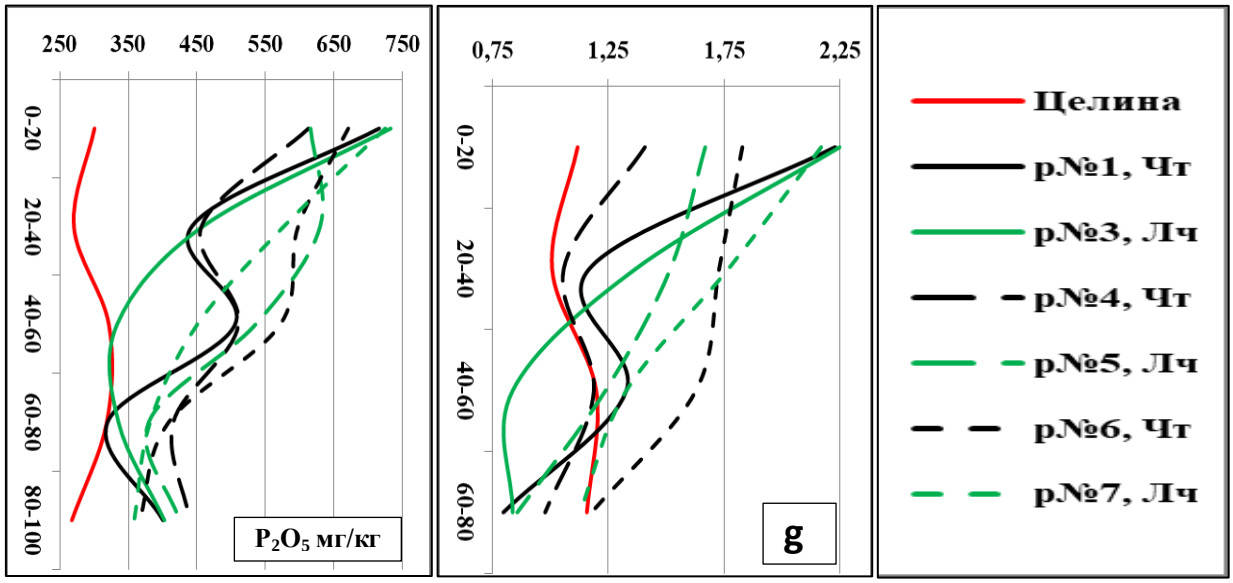


Рисунок 13 – Влияние внесения свиного навоза на среднее содержание и характер распределения подвижного фосфора (мг/кг) и среднего градиента в изучаемых почвах

Как следует из данных рисунка 13, минимальное среднее содержание подвижного фосфора в слое 0-20 см – 301 мг/кг почвы выявлено в целинной лугово-чернозёмной почве. Внесение свиного навоза существенно повышает его содержание в пахотных почвах. В чернозёмах типичных в пахотном слое среднее содержание подвижного фосфора возрастает до 613-716 мг/кг почвы, а в луго-

во-чернозёмных почвах до 616-733 мг/кг почвы, т.е. более чем в 2 раза в сравнении с целинной почвой. В слое 80-100 см в целинной лугово-чернозёмной почве содержание подвижного фосфора составляет 268 мг/кг почвы.

В чернозёмах типичных содержание подвижного фосфора в этом слое возрастает до 367-440 мг/кг почвы, а в лугово-чернозёмных почвах до 359-425 мг/кг почвы, т. е. в 1,3 и 1,6 раза выше, чем в целинной почве. Считаем, что подобное повышение содержания подвижного фосфора в нижней части профиля чернозёмов типичных и лугово-чернозёмных почв связано с инфильтрацией жидкой фракции свиного навоза.

Для выявления влияния ОВ на содержание подвижного фосфора мы определили коэффициенты корреляции его с ОВ и ПОВ. Установлено, что в целинной лугово-чернозёмной почве связь содержания подвижного фосфора с ОВ и ПОВ отсутствует. По средним величинам коэффициентов корреляции связь содержания подвижного фосфора с ОВ в чернозёмах типичных изменяется в пределах r = 0,48-0,89, т.е. изменяется от средней, до тесной. В лугово-чернозёмных почвах она более тесная, r = 0,66-0,91 и оценивается как средняя и тесная.

В чернозёмах типичных средние коэффициенты корреляции связи подвижного фосфора с ПОВ изменяется в очень широких пределах – r = 0,01-0,99. Она отсутствует в чернозёме типичном (разрез №4) в 2021 году, а в 2020 и 2022 годы тесная. В лугово-чернозёмных почвах средние коэффициенты корреляции связи подвижного фосфора с ПОВ находятся в пределах r = 0,78-0,99 и оценивается как тесная. Как и в случае с ОВ связь содержания подвижного фосфора с ПОВ в лугово-чернозёмных почвах выше, чем в чернозёмах типичных. Это даёт нам основание для утверждения, что резкое повышение содержания подвижного фосфора в изучаемых почвах обусловлено внесением свиного навоза.

Полученные нами данные позволяют сделать заключение о том, что длительное применение свиного навоза обусловливает развитие зафосфачивания изучаемых чернозёмных почв.

4.4 Влияние свиного навоза на содержание и характер распределения по профилю обменного калия

Внесение свиного навоза повышает и содержание обменного калия в изучаемых почвах. Данные по влиянию свиного навоза на содержание обменного калия представлены на рисунке 14. Красной пунктирной линией на рисунке 14 показан очень высокий уровень содержания обменного калия (>180 мг/кг). Как следует из данных рисунка 14, на целине в слое 0-20 см амплитуда колебаний содержания обменного калия достигает 36 мг/кг, а среднее содержание 142 мг/кг почвы. В чернозёме типичном (разрез №1) содержание обменного калия в пахотном слое изменяется от 121 до 283 мг/кг, а амплитуда колебаний достигает 162 мг/кг, а среднее содержание 176 мг/кг почвы. В лугово-чернозёмной почве (разрез №3) содержание варьирует в пределах 144-276 мг/кг, амплитуда колебаний 132 мг/кг, а среднее содержание 220 мг/кг почвы.

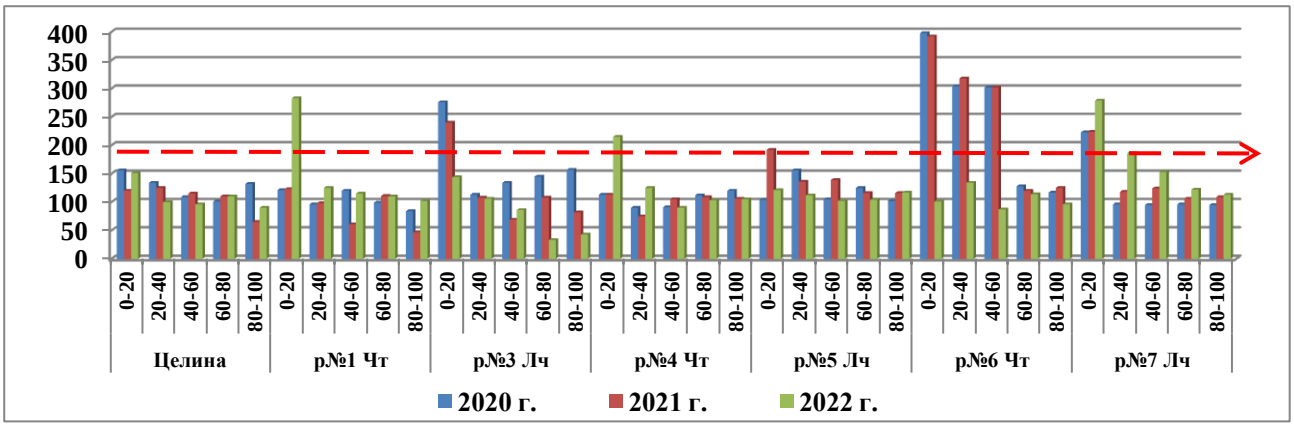


Рисунок 14 – Влияние внесения свиного навоза на содержание обменного калия в изучаемых почвах, мг/кг ($НСР_{095}$80)

На поле №2, где заложены разрезы №4-7 содержание обменного калия в чернозёмах типичных и лугово-чернозёмных почвах в пахотном слое изменяется в очень широких пределах. Это обусловлено как тем, что поле разделено на три рабочих участка со своими наборами с.-х. культур, так и проведённым известкованием в 2020 году там, где заложен разрез №4, а также разновременным внесением свиного навоза. Содержание обменного калия в чернозёмах типичных изменяется от 113-215 до 101-398 мг/кг почвы, при амплитуде колебаний 102, 207 мг/кг и среднем содержании 147, 294 мг/кг почвы. Содержание обменного калия в лугово-чернозёмных почвах изменяется от 104-192 до 223-279 мг/кг, при амплитуде колебаний 88, 56 мг кг и среднем содержании 138, 242 мг/кг почвы. В чернозёмах типичных уровень содержания в пахотном слое обменного калия выше 180 мг/кг почвы превышен за 1-2 года, а в чернозёмно-луговых почвах в 2-3 года (разрез №7).

Известно, что калий в почве мало мобилен, так как он активно взаимодействует с ППК почвы и формирует обменный фонд. В почвах со смешанослойными минералами группы монтмориллонита, поступает в межпакетное пространство и прочно фиксируется. Это практически недоступная форма калия. Расчётом коэффициентов корреляции тесная связь содержания обменного калия с суммой обменных оснований выявлена в лугово-чернозёмной почве (разрез №3), r = 0,22-0,89. Наиболее тесная связь содержания обменного калия с ОВ почв установлена в чернозёме типичном (разрез №6) – r = 0,33-0,94.

Известно, что подвижность обменного калия в почвах, и его доступность растениям, тесно зависит (обратная пропорция) от ЕКО и гранулометрического состава почв; в связи с этим учёт данных характеристик при почвенной калийной диагностике является обязательным. Оценка калийного состояния почв с использованием величин их ЕКО в ряде случаев может быть затруднена из-за отсутствия соответствующих данных. Установлено, что связь содержания обменного калия с фракцией ила (<0,001 мм) отрицательная и в целинной лугово-чернозёмной почве изменяется от средней, r = -0,54 до тесной, r = -0,91. В пахотных аналогах лугово-чернозёмной почвы эта связь может отсутствовать – r = -0,06, или быть тесной отрицательной r = -0,64 … -0,97. В чернозёмах типичных связь содержания обменного калия с фракцией ила может отсутствовать, r

= 0,13, или варьировать в пределах r = -0,37… -0,99, т.е. изменяться от слабой отрицательной до тесной.

Связь содержания обменного калия с фракцией крупной пыли (0,05-0,01 мм) варьирует от её отсутствия – r = -0,02, до средней r = 0,56 и тесной r = 0,97.

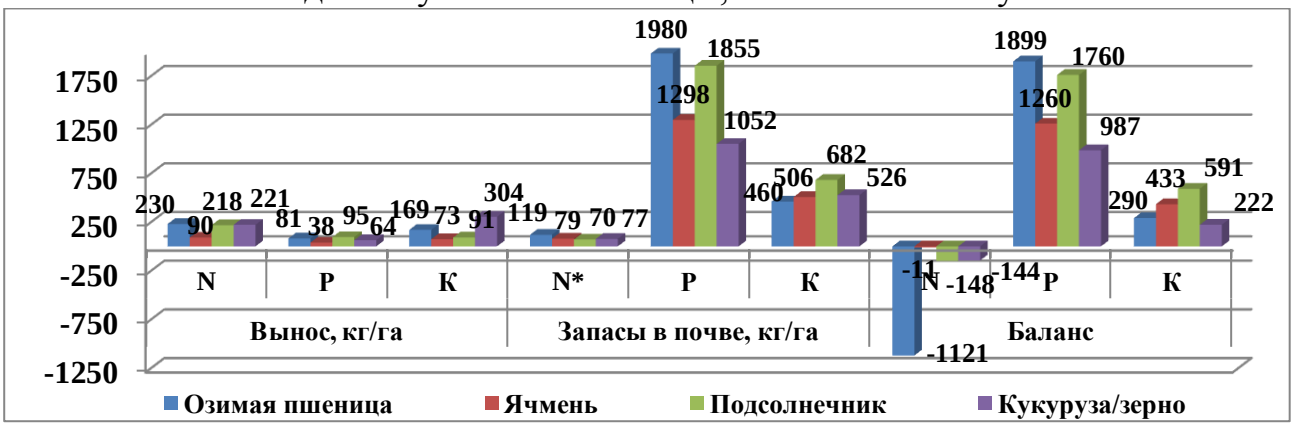
Полученные нами данные хорошо согласуются с литературными источниками, ведь основная часть калия сосредоточена в первичных минералах, а они преобладают в пылеватых фракциях.

Глава 5 ВЛИЯНИЕ СВИНОГО НАВОЗА НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ИХ КАЧЕСТВО

5.1 Влияние свиного навоза на урожайность и качество сельскохозяйственных культур

В хозяйстве возделываются зерновые и технические культуры на кормовые цели. Это озимая пшеница, ячмень и овёс, из зерновых культур, а из технических кукуруза на зерно и подсолнечник, жмых которого после отжима масла используется на корм. Урожайность озимой пшеницы находилась в пределах 5,80-7,77 т/га, подсолнечника 3,64-4,47 т/га, по ячменю она была равна 3,47 и по кукурузе 9,20 т/га. Как следует из полученных данных, содержание белка в озимой пшенице колеблется в пределах 13,7-14,5%. Яровой ячмень немого уступает озимой пшенице по содержанию белка – 14,1-14,4%, а минимально его содержание отмечается в зерне кукурузы – 9,0%. По содержанию белка овёс и ячмень озимый мало различаются, 11,0 и 11,4% соответственно. Клейковина определена только в зерне озимой пшеницы, и её содержание варьирует в пределах 24-25%, что соответствует третьему классу.

Для выяснения фактора, обусловливающего подобное варьирование урожайности, мы рассчитали баланс элементов питания по культурам. Мы понимаем, что расчёт баланса по азоту не совсем корректен, так как содержание его минеральных форм весьма динамичен во времени. Особенно это характерно для нитратной формы. Для расчётов использовали данные по полю №2. Данные представлены на рисунке 15. Как следует из данных рисунка 15, максимальный вынос азота наблюдается у озимой пшеницы, а минимальный у ячменя.



* – минеральный азот

Рисунок 15 – Вынос элементов питания с.-х. культурами, их запасы и баланс

На поле под озимой пшеницей наблюдается максимальный запас подвижного фосфора – 1980 мг/кг, а минимальный под кукурузой – 1052 мг/кг.

Запасы подвижного фосфора очень высокие и превышают уровень 250 мг/кг почвы под озимой пшеницей в 7,9, под ячменём в 5,2, под подсолнечником в 7,4 и кукурузой на зерно в 4,2 раза соответственно.

Запасы обменного калия в почве высокие и превышают уровень 180 мг/кг почвы под озимой пшеницей в 2,5, под ячменём в 2,8, подсолнечником в 3,8 и кукурузой в 2,9 раза соответственно.

Нами рассчитаны коэффициенты использования питательных элементов их почвы. Минимальные они для фосфора – 0,029-0,061, а максимальные для калия – 0,133-0,577. Как следует из полученных нами данных, величины $К_и$ по фосфору ниже стандартных почти на порядок, а по калию в 1,5-6,5 раз. Считаем, что это следствие избыточного запаса доступных форм фосфора и калия в изучаемых почвах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Внесение свиного навоза способствует подкислению изучаемых почв. Это проявляется в снижении pH водной и солевой вытяжки, уменьшении суммы обменных оснований и снижении степени насыщенности основаниями. В наибольшей степени это проявляется по отрицательным формам рельефа, к которым приурочены лугово-чернозёмные почвы.

2. Установлено, что среднее содержание ОВ в слое 0-20 см на целине 8,11%, амплитуда колебаний за три года 0,32%, т.е. оно стабильно. В чернозёмах типичных среднее содержание ОВ в пахотном слое составляет 8,47, 7,81 и 7,20%, а амплитуда колебаний 1,12, 2,39 и 0,57% соответственно. В лугово-чернозёмных почвах, среднее содержание ОВ в пахотном слое составляет 8,67, 7,86 и 8,00%, а амплитуда колебаний 1,72, 2,91 и 1,71% соответственно. Более высокое содержание ОВ в лугово-чернозёмных почвах обусловлено повышенным поверхностным увлажнением, что обусловливает поступление органического вещества жидкой фракции свиного навоза на большую глубину. В результате перераспределения жидкой фракции свиного навоза по элементам микрорельефа, в западины поступает дополнительное количество ОВ.

Длительное применение свиного навоза не только повышает содержание ОВ, но и увеличивает мощность органопрофиля. Если в целинной лугово-чернозёмной почве он равен 60 см, то применение свиного навоза повышает его до 100 см и более.

Запасы ОВ в слое 0-100 см целинной лугово-чернозёмной почвы составляют 478 т/га. Внесение свиного навоза повышает содержание ОВ в лугово-чернозёмных почвах до 650-738 т/га, а в чернозёмах типичных до 500-677 т/га.

Большая часть ОВ – 76,57% в целинной лугово-чернозёмной почве – сосредоточен в слое 0-50 см. Внесение свиного навоза снижает аккумуляцию ОВ в этом слое до 46,16-68,60% в чернозёмах типичных, и до 58,26-63,38% в лугово-чернозёмных почвах.

Установлено, что между содержанием ОВ и фракцией крупной пыли существует тесная связь. Связь ОВ с фракцией тонкой пыли на целине средняя, а на пахотных почвах тесная. Связь содержания ОВ с фракциями ила и физической глины варьирует от слабой, до тесной отрицательной. Внесение свиного навоза повышает содержание подвижного органического вещества. Содержа-

ние подвижного органического вещества имеет тесную отрицательную связь с pH водной и солевой вытяжки, связь с суммой обменных оснований варьирует от средней до тесной.

Установлено, что в верхней части гумусового горизонта, а точнее в верхней полуметровой толще, пахотных лугово-чернозёмных почв и чернозёма типичного наблюдается резкое, в 1,8-2,5 раза, повышение содержания общего фосфора. В составе общего фосфора резко возросла доля органического фосфора, что обусловлено влиянием внесения свиного навоза не только на содержание общего фосфора, но и на изменение соотношения между фосфором минеральным и органическим. Изменения в содержании различных форм фосфора выявлены не только в пределах верхней части гумусового горизонта, но и по всему профилю. Эти изменения разнонаправленные, но они очевидны.

3. Внесение свиного навоза повышает содержание нитратов по сравнению с целинной лугово-чернозёмной почвой от 3-5 до 15-30 раз. В лугово-чернозёмных почвах в отдельные годы ПДК по нитратам превышено в 1,9 раза. Возникает угроза загрязнения грунтовых вод нитратами. Из минеральных форм азота в изучаемых почвах преобладает аммонийный азот. Однако его содержание в чернозёмах типичных и лугово-чернозёмных почвах ниже, чем на целине.

Установлено, что между содержанием нитратного азота и ОВ существует преимущественно слабая и средняя связь. Между содержанием аммонийного азота и pH водной и солевой вытяжки связь в целинной лугово-чернозёмной почве отрицательная тесная, r = -0.94 и -0,83 соответственно. В чернозёмах типичных и лугово-чернозёмных почвах она отрицательная слабая и средняя.

Связь содержания аммонийного азота с ОВ в целинной лугово-чернозёмной почве тесная, r = 0.92 и 0,93 соответственно. В чернозёмах типичных и лугово-чернозёмных почвах она средняя и тесная.

Установлено, что основная часть минерального азота на поле №1 распределяется в изучаемых почвах относительно равномерно, а на поле №2 г. о. в слое 20-40 см, т.е. на глубине внесения свиного навоза.

Уровень обеспеченности минеральным азотом оценивается как низкий и средний. В чернозёмах типичных уровень обеспеченности минеральным азотом изменяется от 19,76-27,06 мг/кг до 21,10-39,40 мг/кг почвы, т.е. изменяется от низкого до среднего. В лугово-чернозёмных почвах он изменяется от 24,90-57,10 мг/кг до 25,40-130,56 мг/кг почвы, изменяясь т. о. от среднего до высокого. Внесение свиного навоза повышает содержание минерального азота в пахотных чернозёмах типичных и лугово-чернозёмных почвах по сравнению с целинной лугово-чернозёмной почвой.

Выявлено, что существенное повышение содержания подвижного фосфора не только на глубине внесения свиного навоза, а по всему профилю. И если в слое 0-20 см содержание подвижного фосфора в целинной лугово-чернозёмной почве в среднем за три года наблюдений находилось на уровне 301 мг/кг почвы, то в чернозёмах типичных оно повысилось до 613-716 мг/кг, а в лугово-чернозёмных почвах до 616-733 мг/кг почвы. Нами т. о. установлено, что по отношению к целинной почве содержание подвижного фосфора возросло более чем в 2 раза.

Установлено, что внесение свиного навоза повышает содержание подвижного фосфора в слое 80-100 см в 1,6 раза по сравнению с целинной почвой. Отметим, что в целинной лугово-чернозёмной почве среднее содержание подвижного фосфора по существующей шкале оценивается как очень высокое. Дальнейшее повышение содержания подвижного фосфора в изучаемых почвах при внесении свиного навоза даёт основание для заключения о развивающемся зафосфачивании изучаемых почв.

Установлено, что внесение свиного навоза повышает содержание обменного калия в пахотном слое лугово-чернозёмной почвы от 121 до 283 мг/кг, амплитуда колебаний достигает 162 мг/кг, а среднее содержание 176 мг/кг почвы. В лугово-чернозёмной почве содержание варьирует в пределах 144-276 мг/кг, амплитуда колебаний 132 мг/кг, а среднее содержание 220 мг/кг почвы. Содержание обменного калия в лугово-чернозёмных почвах на поле №2 изменяется от 104-192 до 223-279 мг/кг, при амплитуде колебаний 88, 56 мг кг и среднем содержании 138, 242 мг/кг почвы соответственно.

Содержание обменного калия в чернозёмах типичных изменяется от 113-215 до 101-398 мг/кг почвы, при амплитуде колебаний 102, 207 мг/кг и среднем содержании 147, 294 мг/кг почвы. В чернозёмах типичных уровень содержания в пахотном слое, обменного калия выше 180 мг/кг почвы превышен за 1-2 года, а в чернозёмно-луговых почвах в 2-3 года.

4. Установлено, что под влиянием внесения свиного навоза урожайность с.-х. культур варьирует в довольно широких пределах. Урожайность подсолнечника изменяется в пределах 34,6-44,7 ц/га. Урожайность ярового ячменя – 34,7 ц/га. Урожайность озимой пшеницы 58,0-77,7 ц/га, т.е. в пределах поля в разные годы различалась на 15,7 ц/га. Урожайность кукурузы на зерно составила 92,0 ц/га, а подсолнечника изменялась в пределах 34,6-44,7 ц/га соответственно. Урожайность овса составила 36,8 ц/га.

Установлено, что на поле под озимой пшеницей наблюдается максимальный запас подвижного фосфора – 1980 мг/кг, а минимальный под кукурузой – 1052 мг/кг. Запасы подвижного фосфора очень высокие и превышают уровень 250 мг/кг почвы под озимой пшеницей в 7,9, под ячменём в 5,2, под подсолнечником в 7,4 и кукурузой на зерно в 4,2 раза соответственно.

Запасы обменного калия в почве высокие и превышают уровень 180 мг/кг почвы под озимой пшеницей в 2,5, под ячменём в 2,8, подсолнечником в 3,8 и кукурузой в 2,9 раза соответственно.

Установлено, что фактором, лимитирующим урожайность с.-х. культур является азот, который поступает в почву при внесении свиного навоза в меньшем, чем фосфор и калий, количестве.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Учитывая локальное переувлажнение изучаемых почв, по отрицательным формам рельефа обусловливающее выщелачивание карбонатов с последующим подкислением, необходимо проводить выборочное известкование. Дозы извести определять по величине гидролитической кислотности. В качестве известкового материала следует использовать дефекат.

2. Для устранения дефицита азота с.-х. культур необходимо вносить азотные удобрения в дозе 60 кг д.в./га.

3. Для устранения влияния микрорельефа на перераспределение атмосферных осадков необходимо выполнять поздней осенью щелевание западин на глубину 40-60 см.

4. Для кардинального устранения влияния микрорельефа необходимо выполнить планировку поверхности. Мощность гумусового горизонта 60-80 см и более позволяют допустить срезку поверхностного слоя 10-20 см без существенного снижения уровня плодородия изучаемых почв.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ ИССЛЕЛОВАНИЯ

Дальнейшая разработка диссертационного исследования планируется по следующим направлениям:

1. Для полноценной агроэкологической оценки влияния внесения жидкого свиного навоза необходимо выполнить исследования по влиянию внесения свиного навоза на микробиологические свойства изучаемых почв.

2. Для оценки влияния внесения свиного навоза на изучаемые почвы необходимо выполнить исследования по содержанию тяжёлых металлов и характера их распределения по профилю.

Список работ, опубликованных по материалам диссертации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Насонова, К.С. Агроэкологическое состояние черноземных почв Верхнехавского района Воронежской области при утилизации свиного навоза / **К.С. Насонова**, К.Ю. Зотова, К.Е. Стекольников // Научно-практический журнал «Сахарная свекла». – 2023. – № 7. – С.23-26.

2. Насонова, К.С. Влияние свиного навоза на содержание и характер распределения по профилю чернозёмных почв различных форм фосфора / **К.С. Насонова**, К.Е. Стекольников // Научно-практический журнал «Сахарная свекла». – 2023. – № 9. – С.30-32.

Публикации в других изданиях

1. Насонова, К.С. Влияние свиного навоза на содержание различных форм фосфора в почвах западинных комплексов лесостепи ЦЧР / **К.С. Насонова**, К.Е. Стекольников // Управление инновационным развитием аграрного сервиса России: мат. нац. науч.-практ. конф. (15 сентября 2020 г). – Воронеж, 2020. – С. 249-256.

2. Насонова, К.С. Влияние свиного навоза на физико-химические свойства чернозёмных почв западинных комплексов / К.С. Насонова, П.С. Попова, К.Е. Стекольников // Теория и практика инновационных технологий в АПК: мат. нац. науч. практ. конф (29-30 апреля 2021 г.).– Воронеж, 2021.– С.137-146.

3. Насонова, К.С. Влияние свиного навоза на состав и свойства комплекса чернозёма типичного и лугово-чернозёмной почвы в условиях лесостепи ЦЧР / **К.С. Насонова**, К.Ю. Зотова, К.Е. Стекольников // Межд. науч.-практ. конф. «Коняевские чтения 2021» (Екатенинбург, 9-10 декабря 2021 г.) – Уральский ГАУ, 2022. – С.135-142.

4. Насонова, К.С. Влияние жидкой фракции свиного навоза на содержа-

ние подвижных форм фосфора и обменного калия в чернозёмах типичных и лугово-чернозёмных почвах // **К.С. Насонова**, К.Е. Стекольников // Мониторинг, охрана и восстановление почвенных экосистем в условиях антропогенной нагрузки: мат. межд.. молодёжной науч. школы (Ростов-на-Дону, 27-30 сентября 2022 г.) – Южный федеральный ун-т, Ростов-на-Дону. – Таганрог, 2022. – С.581-587.

5. Насонова, К.С. Влияние свиного навоза на содержание фосфора и калия в чернозёме типичном / **К.С. Насонова** // Интеллектуальный потенциал молодых учёных как драйвер развития АПК: мат. межд.. науч.-практ. конф. молодых учёных и обучающихся. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. – Санкт-Петербург, 2022. С.– 97-102.

6. Насонова, К.С. Влияние применения жидкой фракции свиного навоза на состав и свойства комплекса чернозёма типичного с лугово-чернозёмными почвами / **К.С. Насонова**, К.Е. Стекольников // Теория и практика инновационных технологий в АПК: мат. нац. науч.-практ. конф. Секция: «Инновационные направления агрономии, агрохимии и экологии» (19-21 апреля 2022 г.). Ч. VII. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – С.188-194.

7. Насонова, К.С. Влияние мегаферм на экологию и почвы сельских поселений / **К.С. Насонова**, К.Е. Стекольников // Теория и практика инновационных технологий в АПК: мат. нац. науч.-прак. конф. Секция: «Инновационные направления агрономии, агрохимии и экологии» (19-21 апреля 2022 г.). Ч. VII. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – С.194-202.

8. Насонова, К.С. Влияние свиного навоза на кислотность чернозёмных почв / **К.С. Насонова**, Э.С. Лоскутова // Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК: мат. межд. науч.-практ. конф. молодых ученых и обучающихся / СПбГАУ. – СПб., 2022. – 102-106.

9. Насонова, К.С. Влияние свиного навоза на содержание минерального азота в чернозёмных почвах **/ К.С. Насонова**, М.Ю. Васкаева // Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК: мат. межд. науч.-практ. конф. молодых учёных и обучающихся / СПбГАУ. – СПб., 2022. – 59-63.

10. Насонова, К.С. Влияние свиного навоза на кислотность чернозёмных почв / **К.С. Насонова**, Э.С. Лоскутова // Интеллектуальный потенциал молодых учёных как драйвер развития АПК: мат. межд. науч.-практ. конф. молодых ученых и обучающихся / СПбГАУ. – СПб., 2023. – С.102-106.

11. Насонова, К.С. Влияние свиного навоза на содержание минерального азота в чернозёмных почвах / **К.С. Насонова**, М.Ю. Васкаева // Интеллектуальный потенциал молодых учёных как драйвер развития АПК: мат. межд. науч.-практ. конф. молодых учёных и обучающихся / СПбГАУ. – СПб., 2023. – С.59-63.

12. Насонова, К.С. Влияние жидкого свиного навоза на содержание органического вещества и сумму обменных оснований чернозёмных почв / **К.С. Насонова**, В.Н. Барсукова, К.А. Миляева // Достижения и перспективы развития АПК России: мат. XIII всеросс. науч.-практ. конф. молодых учёных, повящ. памяти Р.Г. Гареева. – Казань: Изд-во АН РТ, 2023.-С.232-237.

Подписано в печать 01.02.2024 г. Формат 60х801/16. Бумага кн.-журн.
П.л. 1,0. Гарнитура Таймс. Тираж 100 экз. Заказ №25471.
Типография ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ 394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1.