

*На правах рукописи*

**Романов Евгений Михайлович**

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САПОНИТ-  
СОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ  
ПОЧВЕ**

Специальность:

4.1.3 Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Автореферат диссертации на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Москва – 2023

Работа выполнена на кафедре агрономической, биологической химии и радиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева)

**Научный руководитель:** **Серегина Инга Ивановна** доктор биологических наук, профессор кафедры агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

**Официальные оппоненты:** **Окорков Владимир Васильевич**, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом и главный научный сотрудник отдела агрохимии и экологии ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр» (ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»),

**Титова Вера Ивановна**, доктор сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой «Агрохимия и агроэкология» ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГБОУ ВО НГСХА).

**Ведущая организация:** ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук (ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН)

Защита состоится 21.06.2023 г. в 12:00 на заседании диссертационного совета 35.2.030.05 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19, тел/факс: 8 (499) 976-21-84.

Юридический адрес для отправки почтовой корреспонденции (отзывов): 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и на сайте Университета [www.timacad.ru](http://www.timacad.ru).

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023г.

Ученый секретарь  
Диссертационного совета,  
\_\_\_\_\_

 И.М. Митюшев

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В настоящее время в ряде регионов Российской Федерации, удаленных от промышленных центров страны, существует проблема обеспечения сельхозтоваропроизводителей минеральными удобрениями и мелиорантами. При этом большие расстояния от поставщиков до производителей сельскохозяйственной продукции региона увеличивает себестоимость конечной продукции. Одним из таких регионов является Архангельская область, где находится алмазодобывающее предприятие, побочной продукцией которого является глинистый минерал - сапонит, добываемый в огромных масштабах. Уникальные свойства глинистых минералов подобного типа, позволяют использовать их в различных отраслях промышленности (Шпилева, 2005; Облицов, 2011; Миненко, 2013; Володченко, 2012; Коршунов, 2008; Рудь, 2005; Панько, 2013). При их использовании в сельскохозяйственном производстве в качестве минеральных добавок и наполнителей для почвогрунтов, они способны влиять на агрохимические показатели почвы, сорбировать гербициды и пестициды, вносимые в почву, а также тяжелые металлы (Nagy, 2010; Миненко, 2013; Плякин, 2005; Németh, 2003; Aggarwal., 2006; Alekseeva, 2014).

В связи с этим возникает потребность поиска путей практического применения имеющейся побочной продукции алмазодобывающей промышленности. Это позволит решить сразу несколько проблем: снизить экологическую нагрузку на территории алмазодобывающей фабрики путем уменьшения объемов складирования сапонита, сократить объемы ввозимых удобрений, и затраты на их применение, что позволит понизить и себестоимость конечной продукции. В тоже время, учитывая химический состав сапонит-содержащих минералов, их применение в качестве источника элементов минерального питания, может повысить урожайность и качество сельскохозяйственных культур. (Агафонов, 2014; Наквасина, 2015; Босак, 2016; Стрельцова, 2016; Босак, 2017, 2019, 2022)

**Степень разработанности темы.** Исследованием использования сапонитовых глин и подобных минералов в сельском хозяйстве занимаются многие ученые (Плякин, 2005; Козлов, 2019). Сапонит изучают в качестве кормовой добавки при выращивании цыплят-бройлеров (Власов, 1992; Prasai, 2016), гусей-бройлеров (Кармацких, 2004) и кроликов (Цветкова, 2013).

Также рядом авторов отмечается положительный опыт применения сапонита из месторождений, расположенных в Белоруссии, в качестве мелиоранта и (или) минерального удобрения (в первую очередь, источника магния) на таких культурах, как яровая пшеница, овес, горох, зеленая фасоль и базилик (Стрельцова, 2016, 2017; Босак 2016, 2017).

При этом вопросы поиска путей использования сапонит-содержащих минералов в качестве минерального удобрения и (или) мелиоранта являются малоизученными, как и вопросы влияния минералов на агрохимические показатели почвы при выращивании сельскохозяйственных культур

**Цель исследований**– изучить возможность использования сапонит-содержащих материалов при выращивании сельскохозяйственной продукции на дерново-подзолистой почве.

**Задачи исследований:**

- установить эффективность влияния и последствие применения водной суспензии сапонита на агрохимические характеристики дерново-подзолистых почв в чистом пару и при выращивании картофеля и вико-овсяной смеси;
- выявить влияние и последствие применения водной суспензии сапонита на урожайность и качественные характеристики урожая картофеля и вико-овсяной смеси;
- оценить влияние различных доз водной суспензии сапонита на содержания основных элементов питания (NPK) в почве в условиях модельного опыта.

**Научная новизна**

В Архангельской области впервые проведены исследования по изучению возможности применения водной суспензии сапонита из месторождения имени М.В. Ломоносова в сельскохозяйственном производстве при выращивании сельскохозяйственных культур. Впервые в условиях полевых исследований было изучено влияние водной суспензии сапонита на агрохимическую характеристику дерново-подзолистой почвы в условиях Архангельской области: кислотность почвы, содержание подвижного фосфора, калия, нитратного азота, органического вещества в почве. Установлено положительное действие сапонита на урожайность и показатели качества картофеля и вико-овсяной смеси. Эффективность действия сапонита зависела от дозы внесения в почву. Наибольшая эффективность сапонита при выращивании вико-овсяной смеси достигнута при использовании дозы 3,6 т/га сапонита. При выращивании картофеля при использовании дозы сапонита 9,7 т/га. Впервые проведено исследование влияния водной суспензии сапонита на поглощение элементов питания, вносимых в качестве минеральных удобрений в дерново-подзолистой почве в условиях Архангельской области.

**Теоретическая и практическая значимость работы**

Предложены пути решения проблемы рационального вовлечения сапонита из месторождения имени М.В. Ломоносова в сельскохозяйственное производство в условиях Архангельской области. Разработана экологически обоснованная технология применения водной суспензии сапонита при выращивании картофеля и вико-овсяной смеси, обеспечивающая незначительное улучшение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы. Выявлено что применение водной суспензии сапонита не приводит к увеличению содержания тяжелых металлов и радионуклидов в почве и продукции. Результаты, полученные в диссертационной работе, позволяют расширить представления о возможностях использования сапонит-содержащих минералов в качестве минеральных удобрений.

Практическая значимость работы заключается в том, что проведенные исследования являются частью опытов, входящих в обязательный перечень работ по включению водной суспензии сапонита из месторождения имени М.В. Ломоносова в

перечень агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации.

### **Методология и методы исследований**

Методология исследований основывалась на поиске научной литературы по изучению свойств и влияния сапонитовых глин на почву и сельскохозяйственную продукцию, что сформулировало цели и задачи научной работы. В ходе исследований все полевые опыты проводились в строгом соответствии со стандартными методиками. Фенологические наблюдения за наступлением фаз развития и роста растений картофеля проводили по методике Всероссийского научно-исследовательского института картофельного хозяйства (1967). Отбор почвенных проб осуществлялся согласно ГОСТ. Все агротехнические мероприятия проводились в соответствии зональными рекомендациями. Анализ всех образцов почв и продукции проводили на базе аккредитованной лаборатории ФГБУ САС «Архангельская» на основании стандартных методик. Полученные результаты обрабатывались общепринятыми методами с применением MS Excel и SPSS Statistics.

### **Положения, выносимые на защиту:**

- использование водной суспензии сапонита в чистом пару, а также при возделывании картофеля и вико-овсяной смеси сопровождается изменением агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы;
- применение водной суспензии сапонита дает прибавку урожайности и положительно влияет на основные показатели качества изучаемых сельскохозяйственных культур, не приводит к увеличению содержания тяжелых металлов и радионуклидов в сельскохозяйственной продукции;
- совместное применение водной суспензии сапонита и минеральных удобрений не приводит к снижению количества усвояемых растениями питательных веществ, поступающих в почву из минеральных удобрений.

### **Степень достоверности и апробация результатов**

Полученные результаты исследований сапонит-содержащих материалов были учтены при составлении регламента применения сапонита, а также являлись частью исследований, вошедших в отчет о регистрационных испытаниях, для передачи на экспертизу для регистрации препарата как агрохимиката, разрешенного к применению на территории Российской Федерации во Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова), Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (ФБУН «ФНЦГ имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора) и Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (МГУ имени М.В. Ломоносова).

Достоверность полученных результатов, практических рекомендаций, выводов, представленных в диссертации, обусловлена большим количеством экспериментальных наблюдений и числом повторностей, на полях производственного цикла, проведенных по стандартным методикам; применением апробированных

стандартных методов агрохимических анализов, соответствующих цели и задачам исследования; статистической обработкой данных с использованием программного обеспечения.

Результаты исследования были апробированы на 8 международных и всероссийских конференциях: молодежная научно-исследовательская конференция «Геоэкологические проблемы Европейского Севера и Арктики», Архангельск, 2018 г.; 1 международная молодежная научно-практическая конференция «Арктические исследования: от экстенсивного освоения к комплексному развитию», Архангельск, 2018 г.; научно-практическая конференция «Ломоносовские научные чтения студентов, аспирантов и молодых ученых – 2018», Москва, 2018 г.; X международная научно-практическая конференция «Перспективы развития науки в современном мире», Уфа., 2018 г.; международная конференция «Биомониторинг в Арктике», Архангельск, 2018 г.; X Сибирцевских научных чтениях, посвященных 160-летию со дня рождения выдающегося русского естествоиспытателя – геолога, почвовед и агронома Н.М. Сибирцева, Архангельск, 2020 г.; межрегиональная молодежная научно-исследовательская конференция «Геоэкологические проблемы Европейского Севера и Арктики», Архангельск, 2019 г.; научно-практической конференции в рамках месяца молодежной науки в САФУ «Лесохозяйственная наука и образование на Европейском Севере России», Архангельск, 2019 г.

#### **Личный вклад автора**

Диссертационная работа является законченной и самостоятельной научной работой. Исследования проводились с 2018 по 2020 гг. лично автором или при его непосредственном участии. В проведенных экспериментах автор принимал участие как организатор и исполнитель, осуществлял постановку научной проблемы, цели и задач исследования, участвовал в выполнении основной части экспериментальных исследований, самостоятельно осуществлял проектирование, разметку участков, отбор проб почв и растительности, учет урожайности, анализ и обобщение полученной информации, статистическую обработку и систематизацию полученных материалов, подготовку заключения по работе и предложений производству, апробацию результатов на конференциях, написание статей.

**Публикации.** При проведении исследования было опубликовано 18 печатных работ: в том числе 2 статьи в рецензируемых журналах из перечня изданий ВАК, 3 статьи в журналах, индексируемых в международных базах цитирования «SCOPUS», 11 статей в журналах, входящих в РИНЦ, и 2 публикации по материалам конференций.

#### **Структура и объем диссертации**

Диссертация изложена на 158 страницах, состоит из введения, 3 глав, выводов, заключения и предложений производству. Работа иллюстрирована 33 рисунками, содержит 5 таблиц и 7 приложений. Библиографический список включает 160 источников, в том числе 32 - иностранных авторов.

#### **Благодарности**

Автор выражает глубокую признательность доктору сельскохозяйственных наук, профессору Елене Николаевне Наквасиной за неоценимую помощь, ценные рекомендации, научные консультации по теме исследований, а также научному руководителю, доктору биологических наук, профессору Инге Ивановне Серегиной за всестороннюю помощь и научные консультации по теме исследований. Особую благодарность автор выражает сотрудникам ФГБУ САС «Архангельская» за помощь в организации исследований и проведение анализов. Так же автор благодарит руководство ПАО «Североалмаз» за финансовую и организационную поддержку на всех этапах исследования.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1. Обзор литературы**

В данной главе проводится анализ российских и зарубежных литературных источников о получении и свойствах сапонит-содержащих материалов, в том числе из месторождения имени М.В. Ломоносова. Приводятся данные об использовании глинистых минералов в различных отраслях народного хозяйства (Кармацких Ю.А. 2004; Цветкова А.М. 2013; Панько А.В. и др., 2013; Kumaresan S. Et al., 2019; Fowler J., Li W., Bailey C., 2015; Inderpreet S.K. et al., 2015; Евсеев М.М., 2014; Кузьменкова О.Ф. и др., 2012; Володченко А.Н., Лесовик В.С., 2012; Dong W. et al., 2019), в том числе в сельском хозяйстве (Плякин А.М., 2005; Козлов А.В., Куликова А.Х., Уромова И.П., 2019; Босак В.М., Сачюка Т.Ю. 2017; Босак В.Н. и др., 2016). Приведены территориальные особенности размещения Архангельской области, климатические пояса на территории региона, гидрометеорологические условия и агроклиматическое районирование области. Также приведены данные по агрохимическому состоянию почв сельскохозяйственных угодий Архангельской области по материалам агрохимического обследования на 01 января 2020 г. Представлено распределение сельскохозяйственных угодий Архангельской области по гранулометрическому составу, динамика количества площадей кислых пахотных почв Архангельской области с 2012 по 2019 гг., динамика средневзвешенного показателя  $pH_{KCl}$  пахотных почв Архангельской области с 2006 года, приведены объемы известкования кислых почв с 1986 года, динамика количества площадей почв с низким содержанием фосфора, калия и органического вещества в Архангельской области.

### **Глава 2. Объекты и методы исследований**

**Объекты исследования.** Согласно протоколу испытаний, проведенных в испытательной лаборатории ФГБУ САС «Архангельская», сапонит-содержащие материалы, полученные при переработке алмазоносных пород в Архангельской области, имеют водородный показатель  $pH$  7,8; содержат 2900 мг/кг подвижного фосфора, 350 мг/кг подвижного калия и 5,6 мг/кг кальция. Присутствуют также химические элементы из группы тяжелых металлов в подвижной форме: медь – 0,18 мг/кг, цинк – 0,24 мг/кг, никель – 4,4 мг/кг, свинец – 5,0 мг/кг и др., не превышающие по содержанию ПДК. Массовая доля влаги в хвостах обогащения составила 76%.

Основная часть исследований проходила на территории МО «Матигорское» (бывшее МО «Копачевское») Холмогорского района Архангельской области. Опыты проводили на производственных участках ООО «Агрофирмы «Холмогорская».

Полевые опыты по определению влияния водной суспензии сапонита на агрохимические свойства почвы, урожайность и качество картофеля и вико-овсяной смеси, а также в чистом пару проводили на делянках с общей площадью 18 м<sup>2</sup>. Расположение делянок рендомизированное однорядное. Повторность всех опытов четырехкратная.

Почвы полей всех опытов дерново-подзолистые супесчаные. В опытах с картофелем почва опытного участка имела следующими агрохимические показатели: рН 5,4 (солевая вытяжка), содержание гумуса 3,0 %, содержание подвижных форм фосфора составляло 985 мг/кг, калия - и 192 мг/кг. В опытах с вико-овсяной смесью почвы опытного участка имела следующие характеристики: рН 6,5, содержание подвижных форм фосфора составляло 567 мг/кг, калия - 147 мг/кг, содержание обменного кальция составляло 5,2 мг/кг, обменного магния - 1,3 мг/кг. Почвы опыта в чистом пару имели следующие агрохимические показатели: рН 5,4, гидролитическая кислотность 1,7 ммоль/100 г, содержание подвижных форм фосфора составляло 985 мг/кг, калия - 192 мг/кг. Почва модельного опыта имела следующие агрохимические показатели: рН<sub>KCl</sub> 5,4, содержание нитратного азота составляло 8,49 мг/кг почвы, содержание подвижных форм фосфора составляло 325 мг/кг почвы, калия - 95 мг/кг почвы.

Схемы опытов с картофелем и вико-овсяной смесью состояли из 5 вариантов: 1 – контроль (без внесения сапонита); 2 - внесение водной суспензии сапонита в объеме 27 л/делянку (в пересчете на сухой сапонит - 3,6 т/га), 3 - 48 л/делянку (в пересчете на сухой сапонит - 7,3 т/га), 4 – 61 л/делянку (в пересчете на сухой сапонит - 9,7 т/га) и 5 – 82 л/делянку (в пересчете на сухой сапонит – 12 т/га).

Посадка картофеля сорта Фреско проводилась после предшественника – однолетние травы (вико-овсяная смесь). Схема посадки 70х21 см. Норма посадки 68 тыс.шт./га. В качестве семенного материала в опытах с вико-овсяной смесью использовали вику яровую сорта Львовская (разновидность *immaculata*) и овес яровой сорта Лев. Посев осуществляли семенами первого класса со всхожестью 98 %, норма высева вики яровой из расчета 0,1 т/га; овес яровой высевался из расчета норма высева 0,2 т/га. Глубина заделки семян 3-5 см.

Схема исследований, проведенных в чистом пару состояла из 9 вариантов: 1 – контроль (без внесения); 2, 3, 4 и 5 варианты с внесением водной суспензии сапонита в мае 2018 г. (весеннее внесение) из расчета 27 л на участок (при пересчете на сухое вещество-3,6 т/га сапонита), 48 л на участок (7,3 т/га сухого вещества), 61 л на участок (9,7 т/га сухого вещества) и 82 л на участок (12 т / га сухого вещества) соответственно; 6, 7, 8 и 9 варианты представляют внесение водной суспензии сапонита в сентябре 2018 года (осеннее внесение) в тех же пропорциях, соответственно.

Для определения влияния водной суспензии сапонита на содержание элементов питания растений в почве на базе лаборатории биогеохимических исследований



кафедры химии и химической экологии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова проводили модельный опыт в сосудах объемом 0,0016 м<sup>3</sup> (0,08м\*0,1м\*0,2м). Вместимость сосудов составляла 2 кг почвы. Дозы внесения водной суспензии сапонита и минерального удобрения (нитрофоска 11:10:11) пересчитаны на объем почвы в емкости составляет 10 г на один сосуд. Схема опыта состояла из 6 вариантов: 1 - контроль (без внесения водной суспензии сапонита и минеральных удобрений); 2 - с внесением водной суспензии сапонита в объеме 0,018 мл на 1 кг почвы (при пересчете на сухое вещество - 4,0 т/га сапонита), 3 – 0,031 мл на 1 кг почвы (7,0 т/га сухого вещества), 4 – 0,040 мл на 1 кг почвы (9,0 т/га сухого вещества), 5 – 0,053 мл на 1 кг почвы (12,0 т/га сухого вещества) и 6 – без внесения водной суспензии сапонита, но с внесением минерального удобрения. Повторность опыта 4-х кратная.

Все полевые опыты проводились в строгом соответствии со стандартными методиками (Методика исследований по культуре картофеля, 1967; Доспехов Б. А., 1985; Никляев В.С., 2000; Кирюшин Б.Д., 2005; Литвинов С.С., 2011). Фенологические наблюдения за наступлением фаз развития и роста растений картофеля проводили по методике НИИКХ (1967). Отбор почвенных проб осуществлялся согласно ГОСТ Р 58595-2019 (Почвы. Отбор проб.). Все агротехнические мероприятия проводились в соответствии зональными рекомендациями (Корелина В.А и др., 2016).

Агротехнический анализ образцов проводили на базе аккредитованной лаборатории ФГБУ САС «Архангельская» на основании стандартных методик. В образцах почвы определяли рН<sub>KCl</sub> – потенциметрически по ГОСТ 26483-85, гидролитическую кислотность (по Каппену в модификации ЦИНАО) – ГОСТ 26212-91, содержание в почве подвижных соединений фосфора и калия (по Кирсанову) – ГОСТ Р 54650-2011, нитратного азота (по ЦИНАО) – ГОСТ 26488-85, органического вещества (по Тюрину) – ГОСТ 26213-91, количество эквивалентов алюминия (по ЦИНАО) - ГОСТ 26485-85. Содержание подвижных форм тяжелых металлов меди, цинка, свинца, кадмия, никеля определяли по методике измерений массовых концентраций элементов атомно-абсорбционным методом по Федеральному реестру методических указаний (ФР) 1.31.2012.13573, валовых форм ртути по ФР 1.31.2013.16678, валовое содержание мышьяка определялось согласно МУ «по определению мышьяка в почвах фотометрическим методом».

В модельном опыте в образцах почвы определяли рН<sub>сол</sub> (рН<sub>KCl</sub>), содержание нитратного азота, подвижных форм фосфора и калия, определяли потери влаги при высушивании почвы (ГОСТ 28268-89), объемную массу (плотность сложения) почвы (ГОСТ 5180-2015).

В образцах основной продукции картофеля и вико-овсяной смеси определяли содержание сухого вещества гравиметрическим методом (ГОСТ 31640-2012), титриметрическим методом в сухом веществе определяли массовую долю кальция (ГОСТ 26570-95), сырого протеина (ГОСТ 32044.1-2012), растворимых углеводов (сахаров) методом с антроновым реактивом (ГОСТ 26176-91), легкогидролизуемые углеводы (крахмал) (весовой метод) – ГОСТ 26176-91, сырой клетчатки

гравиметрическим методом (ГОСТ 31675-2012), сырого жира в аппарате Сокслета по обезжиренному остатку (ГОСТ 13496.15-2016), содержание тяжелых металлов атомно-абсорбционным методом (свинец, кадмий - ГОСТ 30692-2000), удельную активность цезия-137 (ГОСТ 32161-2013) и стронция-90 (ГОСТ 32163-2013) в соответствии с требованиями радиационной безопасности.

В образцах основной продукции картофеля проводили определение содержания нитратов фотометрическим методом – МУ 5048-89 и содержание ртути – ГОСТ 34427-2018. В образцах зеленой массы вико-овсяной смеси определяли содержание железа ГОСТ 26928-86 и сырой золы ГОСТ 26226-95.

Полученные результаты обрабатывались общепринятыми методами с применением MS Excel и SPSS Statistics. Достоверность различий средних величин оценивалась по критериям Краскела-Уоллиса и Манна-Уитни. Различия для всех приведенных анализов считались значимыми при  $p < 0,05$ . Дисперсионный и корреляционный анализ экспериментальных данных проводили по Доспехову Б.А (1985).

### Глава 3. Экспериментальная часть

#### 3.1. Влияние водной суспензии сапонита на свойства почвы в чистом пару.

Для оценки степени влияния водной суспензии сапонита на изменение обменной и гидролитической кислотности окультуренной дерново-подзолистой почвы, содержание алюминия, а также последствие внесения на следующий год был заложен полевой опыт в чистом пару. В данном опыте различные дозы водной суспензии сапонита вносили весной и осенью (рис. 1, 2).

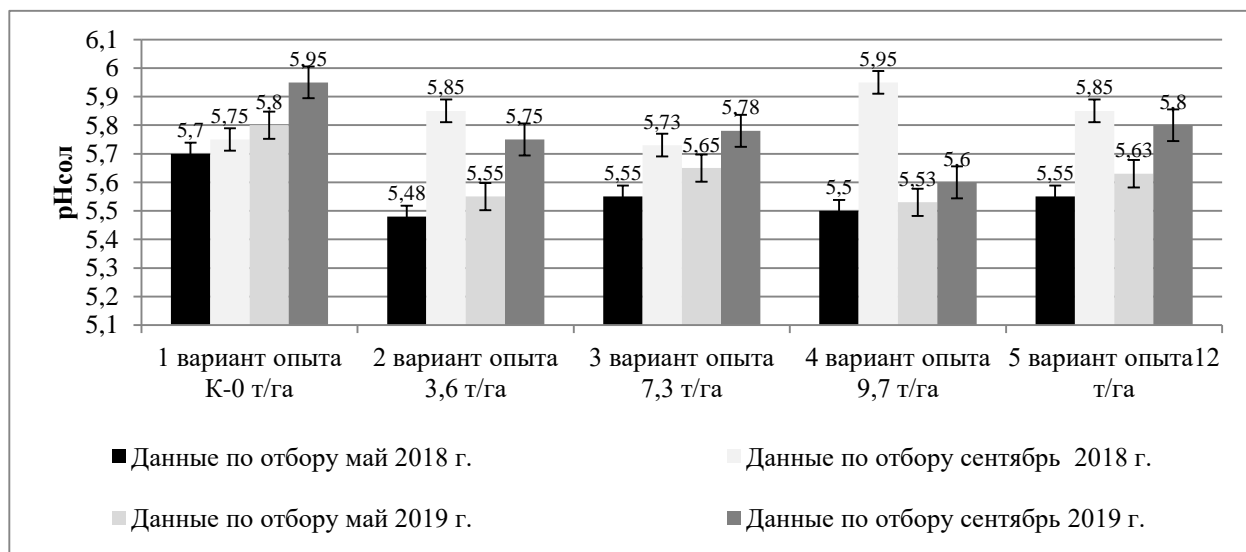


Рисунок 1. Динамика изменений обменной кислотности почв при внесении сапонита весной (май 2018г.) в чистом пару.

Результаты исследований показывают, что при внесении сапонита в весенний период на окультуренных дерново-подзолистых почвах к осени 2019 года отсутствует

достоверное изменение величин обменной и гидролитической кислотности почвы. Реакция заметна лишь к концу вегетационного сезона первого года наблюдения (сентябрь 2018 г.). Сделано предположение, что благодаря высокой сорбционной способности частиц сапонита, внесенная в мае 2018 года водная суспензия сапонита существенно уменьшила концентрацию ионов  $H^+$  за период с мая по сентябрь 2018 года, это подтверждается увеличением  $pH_{KCl}$  и снижением гидролитической кислотности в почвах. Подобные результаты получены другими авторами (Коршунов А.А., Невзоров А.Л., 2007). Дальнейшее снижение  $pH_{KCl}$  и увеличение гидролитической кислотности к весне 2019 года, вероятно, связано с высвобождением ионов водорода при насыщении почвы талыми водами. К осени следующего года сорбция ионов водорода происходит снова, но в меньшей степени.

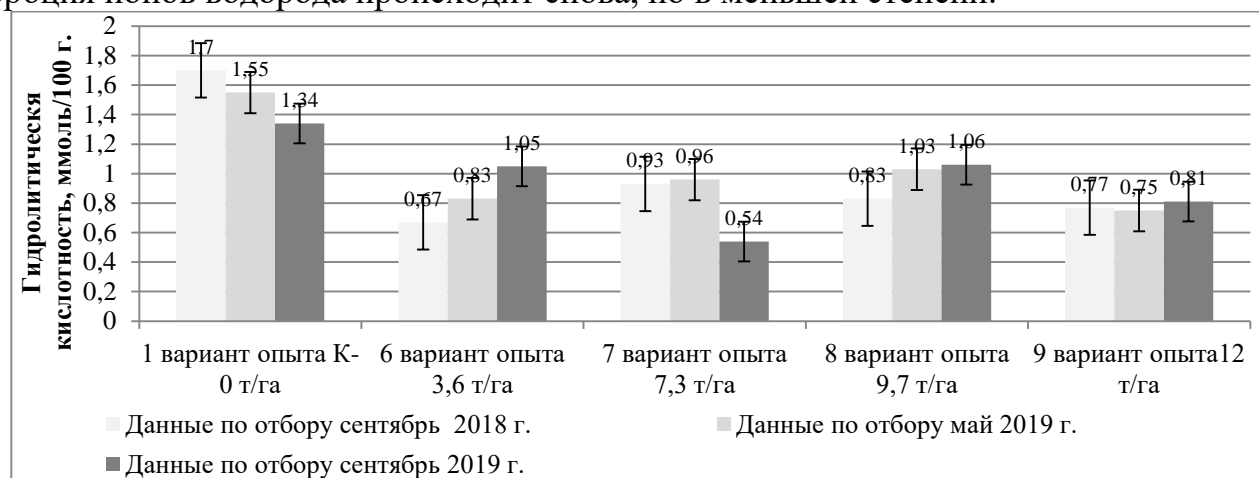


Рисунок 2. Динамика изменений гидролитической кислотности почв при внесении сапонита осенью (сентябрь 2018 г.) в чистом пару.

В вариантах опыта с осенним внесением (сентябрь 2018 г.) наблюдалось большее влияние внесения водной суспензии сапонита на гидролитическую кислотность (потенциальную), чем на обменную кислотность. То есть, вероятно, сапонит оказывает глубокое действие на вытеснение поглощенного водорода из почвенной мицеллы, за счет обеспеченности кальцием и магнием, поглощаемыми почвой. Изменения значений гидролитической кислотности в обоих вариантах внесения водной суспензии сапонита не выходят за оптимальные нормы для сельскохозяйственных растений.

Помимо ионов  $H^+$  носителями потенциальной кислотности являются и ионы  $Al^{3+}$ . Их наличие в поглощенном состоянии повышает кислотность твердой фазы и почвенного раствора. Известно, что высокие концентрации алюминия являются токсичными для растений. Также алюминий переводит подвижный фосфор в труднодоступные для растений формы. Широко известно, что основным источником обменного алюминия в почве считается алюминий кристаллической решетки глинистых минералов и гидроксид алюминий. Незначительные изменения содержания алюминия в почве позволяют сделать вывод об отсутствии его дополнительного поступления в почву за счет внесения сапонит-содержащих материалов.

**Влияние водной суспензии сапонита на свойства почвы при выращивании картофеля и вико-овсяной смеси.** В исследования применялись различные дозы водной суспензии сапонита по сравнению с контрольным вариантом без внесения данного минерала. Последствие внесения водной суспензии сапонита в опыте с картофелем определялось в течение трех сезонов, с вико-овсяной смесью – двух.

Изменения показателей обменной кислотности в опытах с картофелем и вико-овсяной смесью в вариантах с применением водной суспензии сапонита дублируют естественные природные (контроль – 0 т/га), но с меньшей амплитудой изменений, выравнивая кислотность.

К третьему году проведения исследований с картофелем зафиксировано увеличение содержания подвижного фосфора в почвах всех вариантов опыта (рис. 3) по сравнению с начальными показателями (до 7,9 % против 7,5 % в контроле). В опыте с картофелем содержание подвижного калия к концу периода наблюдения (сентябрь 2020 г.) по сравнению с начальными показателями увеличилось .

В опыте с вико-овсяной смесью за период проведения опыта (2018-2019 гг.) содержание подвижного фосфора в почве снизилось незначительно (в пределах 10%). Меньше всего потери фосфора заметны в варианте с дозой внесения сапонита 12 т/га (на 2 %). Наибольшее уменьшение содержания подвижного фосфора наблюдалось на варианте с внесением сапонита 7,3 т/га (на 7 %).

Содержания подвижного калия в почве в опытах с вико-овсом снизилось (в пределах 14-25 %) во всех вариантах. Наибольшее снижение содержания подвижного калия получено в вариантах с дозами внесения сапонита 7,3 т/га и 12 т/га (на 25 %). Наименьшие потери подвижного калия наблюдались в варианте с дозой внесения сапонита 9,7 т/га (на 14 %).

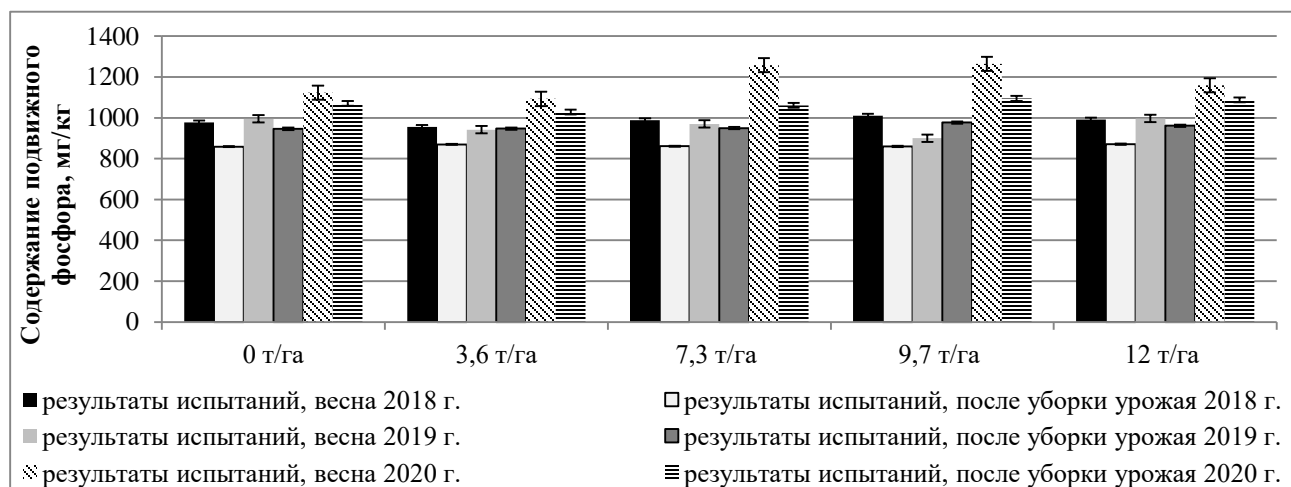


Рисунок 3. Динамика изменений подвижного фосфора почв при внесении сапонита в опыте с картофелем.

Во всех вариантах опыта с картофелем с применением сапонита наблюдалось увеличение содержания органического вещества в почве. Наибольшее увеличение содержания органического вещества почвы показано в варианте с дозой внесения сапонита 3,6 т/га (на 16,2 %). В контрольном варианте показатель органического

вещества почвы снизился на 7 %. Содержание нитратного азота в почве снизилось во всех вариантах на 73-78 % по сравнению с начальными показателями (весна 2018 г.). Данное изменение связано с интенсивным поглощением этой формы азота картофелем.



Рисунок 4. Динамика изменений органического вещества почвы при внесении сапонита в опыте с картофелем.

При внесении водной суспензии сапонита наблюдалось увеличение содержания обменного кальция и магния в почве во всех вариантах опыта. Наибольшие прибавки кальция (на 20 %) и магния (в 1,2 раза) получены в варианте с дозой внесения сапонита 3,6 т/га.

**Влияние сапонит-содержащих материалов на содержание нитратного азота, подвижного фосфора и подвижного калия, в условиях модельного опыта.** Оценка возможного влияния водной суспензии сапонита на содержание в почве нитратного азота (рис. 6), подвижного фосфора (рис. 5) и подвижного калия полученных из минеральных удобрений, проводилась в условиях модельного опыта. Для этого сравнивалось изменение данных показателей в почве в вариантах с совместным применением различных доз водной суспензии сапонита и минерального удобрения, в варианте с применением только минерального удобрения и контрольном варианте без внесения водной суспензии сапонита и минеральных удобрений.

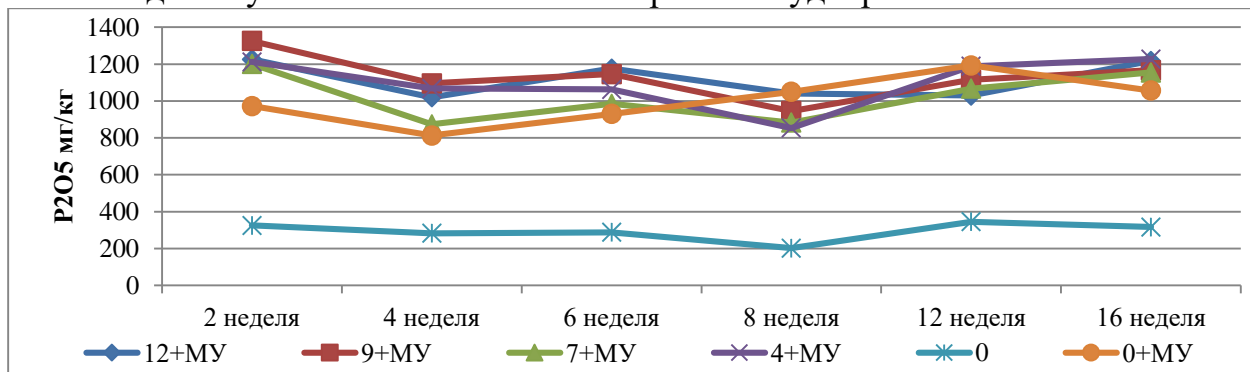


Рисунок 5. Динамика изменений подвижного фосфора почв (модельный опыт) при совместном внесении минерального удобрения и сапонита.

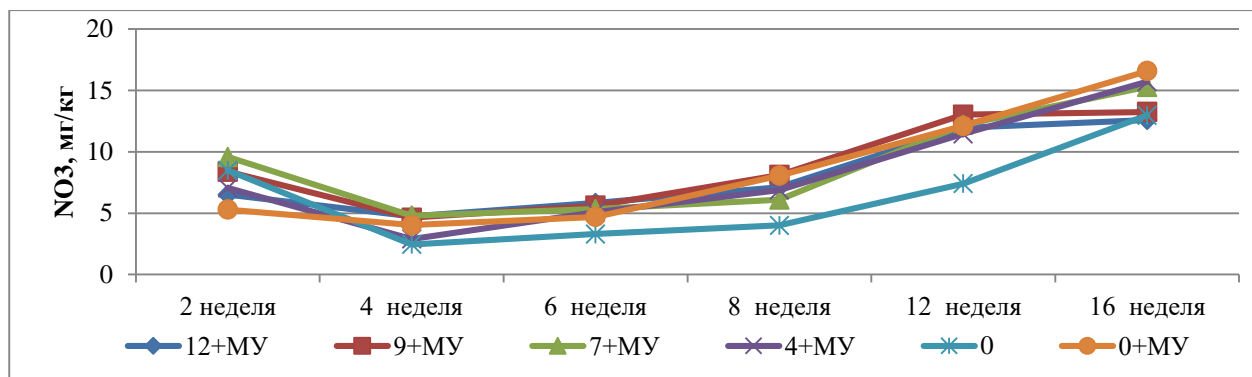


Рисунок 6. Динамика изменений нитратного азота почв (модельный опыт) при совместном внесении минерального удобрения и сапонита.

Анализируя данные по изменению кислотности, средних значений содержания подвижного фосфора и калия в почвах модельного опыта, можно сделать вывод о том, что водная суспензия сапонита не приводит к статистически значимым изменениям в этих показателях. Увеличение концентрации нитратного азота так же не связано с применением водной суспензии сапонита, так как та же тенденция прослеживалась в вариантах без применения сапонита. Все изменения изучаемых показателей по результатам опыта доказывают, что при совместном применении водной суспензии сапонита и минеральных удобрений отсутствует влияние сапонита на доступность питательных веществ растениям из минеральных удобрений.

**Влияние сапонит-содержащих материалов на урожайность сельскохозяйственных культур.** В задачи исследований водило изучение влияния водной суспензии сапонита на урожайность и показатели качества основной продукции картофеля и вико-овсяной смеси.

В опыте с картофелем в варианте с максимальной дозой сапонита (12 т/га) отмечается стабильный рост урожайности по сравнению с контролем в течение трех лет наблюдения. В варианте с дозой 9,7 т/га прибавки урожайности относительно контроля максимальны и достигают на второй год наблюдения 26 %. На третий год исследований получена прибавка урожайности картофеля 16 % по сравнению с контрольным вариантом.

В опытах с вико-овсяной смесью при применении водной суспензии сапонита в качестве минерального удобрения в небольших дозах (3,6 и 7,3 т/га) получена прибавка урожая зеленой массы в первый год применения 33 % и 27 % соответственно по сравнению с контролем. На второй год после внесения прибавки составили 23 % и 7 %. Высокие дозы сапонита (9,7 и 12 т/га) не дали прибавок урожайности в текущем году после внесения. Однако в результате последствия сапонита на второй год прибавки урожайности составили 7 % и 8 % соответственно по сравнению с контролем. Влияние различных доз водной суспензии сапонита на урожайность вико-овсяной смеси статистически доказано.

**Влияние сапонит-содержащих материалов на качество сельскохозяйственной продукции.** Внесение сапонита способствовало увеличению содержания нитратов в клубнях картофеля (до 137,5 мг/кг при дозах 9,7 т/га и 12 т/га,

до 143,8 мг/кг при дозе 3,6 т/га) по сравнению с контролем (98,5 мг/кг) в оба года наблюдений. Во всех вариантах опыта содержание данного элемента остается в два раза ниже ПДК.

Внесение водной суспензии сапонита в первый год наблюдений в незначительной степени влияет на содержание сухого вещества и сырого жира, не влияет на содержание кальция. При этом значительно повышается содержание сырого протеина (от 8,1 % при применении дозы сапонита 12 т/га до 10 % при применении дозы сапонита 9,7 т/га), и растворимых углеводов (от 5,5 % при применении дозы сапонита 12 т/га до 7,38 % при применении дозы сапонита 7,3 т/га) в клубнях картофеля (табл. 1) по сравнению с контрольным вариантом (6,6% сырого протеина и 3,9% растворимых углеводов).

Таблица 1. Показатели качества основной продукции картофеля в 2018 г.

Наименование показателя	Единица измерения	Варианты опыта				
		<i>K*</i>	3,6	7,3	9,7	12
Варианты опыта	т/га					
нитраты	мг/кг	98,5	143,8	162,0	137,5	137,5
свинец	мг/кг	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
кадмий	мг/кг	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ртуть	мг/кг	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
удельная активность цезий - 137	Бк/кг	3,0	3,0	3,0	3,3	3,8
удельная активность стронций - 90	Бк/кг	5,8	6,8	5,8	6,5	7,0
сухое вещество	%	18,8	19,3	18,4	18,2	18,2
влажность	%	81,2	80,7	81,6	81,8	81,8
кальций	%	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
сырой протеин	%	6,6	8,6	9,7	10,0	8,1
сырой жир	%	0,78	0,81	0,79	0,81	0,85
растворимые углеводы	%	3,90	5,93	7,38	5,80	5,50
легкогидролизуемые углеводы	%	66,75	68,25	71,75	51,25	62,00
сырая клетчатка	%	2,1	1,3	1,5	1,7	2,4

Примечание: *K\** - контрольный вариант.

При максимальной дозе водной суспензии сапонита отмечено существенное увеличение содержания сырой клетчатки (2,4 %) в клубнях картофеля, однако, при меньших дозах внесения сапонита наблюдается существенное снижение данного показателя (1,3 % при применении дозы 3,6 т/га, 1,5 % при дозе – 7,3 т/га) по сравнению с контролем (2,1%). Влияние сапонита на содержание тяжелых металлов и радионуклидов отсутствует.

Внесение водной суспензии сапонита в первый год применения увеличивает в зеленой массе вико-овсяной смеси содержание сырого жира, растворимых углеводов, сырой клетчатки и кальция, а также приводит к снижению содержания сухого вещества и сырой золы (табл. 2). Последнее является положительным моментом, так

как ни один вариант опыта не соответствует нормативам по содержанию сырой золы, однако варианты с дозами сапонита 9,7 т/га и 12 т/га приближены к порогу 3 класса соответствия (12 %). Влияние сапонита на содержание тяжелых металлов и радионуклидов в зеленой массе отсутствует.

Таблица 2. Показатели качества основной продукции вико-овсяной смеси в 2018 г.

Наименование показателя	Единица измерения	Результат измерений по вариантам опыта				
		к	3,6	7,3	9,7	12
Варианты опыта	т/га	к	3,6	7,3	9,7	12
железо	мг/кг	11,63	11,13	10,50	11,08	11,38
свинец	мг/кг	0,23	0,10	0,17	0,24	0,10
кадмий	мг/кг	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ртуть	мг/кг	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
удельная активность цезий - 137	Бк/кг	3	3	3	3	3
удельная активность стронций - 90	Бк/кг	4,75	5,00	6,00	6,50	7,75
сухое вещество	%	29,33	29,48	32,75	25,98	24,60
влажность	%	70,67	70,52	67,25	74,02	75,4
кальций	%	0,83	0,97	1,12	0,90	1,43
Сырая зола	%	13,2	15,2	13,9	12,3	12,4
сырой протеин	%	15,05	15,43	16,98	14,63	16,55
сырой жир	%	1,71	4,06	3,70	3,78	1,34
растворимые углеводы	%	1,23	1,43	1,28	1,53	1,55
легкогидролизуемые углеводы	%	2,95	2,93	3,55	3,00	2,93
сырая клетчатка	%	14,05	15,48	16,35	16,00	16,23

### Заключение

Проведенные исследования позволили изучить влияние водной суспензии сапонита на урожайность и качество основной продукции картофеля и вико-овсяной смеси, а также агрохимические показатели почвы:

1. Результаты исследований в чистом пару демонстрируют, что применение сапонита в весенний период позволяет снизить кислотность дерново-подзолистых почв в первый вегетационный период со снижением эффекта к концу второго вегетационного года. Осеннее внесение способствует нивелированию сезонных колебаний кислотности почв.

2. В опыте с картофелем наблюдается незначительное увеличение содержания подвижного фосфора, калия и снижение содержания нитратного азота в почвах всех вариантов опыта. В вариантах с применением сапонита наблюдалось увеличение содержания органического вещества в почве, наибольшее увеличение отмечается в варианте с дозой внесения сапонита 3,6 т/га (на 16,2%). В контрольном варианте показатель органического вещества снизился на 7%.

3. В опыте с вико-овсяной смесью отмечается незначительное снижение кислотности почвы, содержания в почве подвижного фосфора, калия, а также



незначительное увеличение обменного кальция. Помимо этого, выявлено статистически значимое влияние сапонита на содержание обменного магния в почве ( $P$ -значение  $0,000 < \alpha 0,05$ ).

4. Внесение сапонита в дозах 3,6 и 7,3 т/га при выращивании картофеля не оказывает существенного влияния на урожайность все три года исследований, что вероятно обусловлено недостаточным количеством используемого минерала. Внесение сапонита в дозе 9,7 т/га способствовало получению максимальной прибавки урожайности на 10% в 2018 году, на 26% в 2019 году и 16% в 2020 году, относительно контроля, без минерала. В варианте с максимальной дозой сапонита 12 т/га отмечается стабильный рост урожайности в течение трех лет наблюдения с 5% в 2018 году до 15% в 2020 году, в сравнении с контролем. Высокие прибавки урожая клубней картофеля на второй год после внесения минерала свидетельствуют об эффективном последствии водной суспензии сапонита. Вероятно, это обусловлено улучшением структуры почвы и ее водно-физических свойств.

5. Статистически доказано положительное влияние водной суспензии сапонита на урожайность зеленой массы вико-овсяной смеси ( $P$ -значение  $0,014 < \alpha 0,05$ ). За первый вегетационный период после внесения водной суспензии сапонита зафиксирована прибавка урожайности зеленой массы вико-овсяной смеси до 27-32% при применении малых доз сапонита (7,3 т/га и 3,6 т/га), на второй год – до 23%. Последствие больших доз дает большую прибавку в сравнении с контрольным вариантом без применения сапонита (от 7% при дозе сапонита 9,7 т/га, до 23 % от контроля при дозе – 3,6 т/га), что свидетельствует о эффективном последствии используемых минеральных материалов.

6. Внесение водной суспензии сапонита в первый год наблюдений не оказывает значительного влияния на содержание сухого вещества, сырого жира и кальция в клубнях. При этом значительно повышается содержание сырого протеина (на 23,3 – 52,3%) и растворимых углеводов (на 41,0 – 89,1%) в клубнях картофеля по сравнению с контролем. Влияние водной суспензии сапонита на содержание легкогидролизуемых углеводов неоднозначное. При максимальной дозе 12 т/га водной суспензии сапонита отмечено существенное увеличение содержания сырой клетчатки в клубнях картофеля (на 17,1% от контроля), однако, в меньших дозировках наблюдается существенное снижение данного показателя от контроля (на 36,6% в варианте с дозой внесения сапонита 3,6 т/га, на 26,8% - дозе 7,3 т/га и на 18,3% - дозе 12 т/га). При использовании сапонита содержание тяжелых металлов и радионуклидов не превышает допустимых показателей. Показатели качества картофеля находятся в пределах нормативов.

7. Внесение водной суспензии сапонита в первый год исследований в значительной степени увеличивает в зеленой массе вико-овсяной смеси содержание сырого жира (в дозах 3,6 т/га на 137,1 %, 7,3 т/га – 115,9 %, 9,7 т/га – 120,4 % от контроля), растворимых углеводов (в вариантах опыта с внесением сапонита от 4,1 % до 26,5 % от контроля), сырой клетчатки (в вариантах опыта с внесением сапонита от 10,1% до 16,4% от контроля) и кальция (в вариантах опыта с внесением сапонита от

8,5% до 73,1% от контроля), а в вариантах опыта с дозой внесения сапонита 9,7 т/га и 12 т/га приводит к снижению содержания сухого вещества (на 11,4% и 16,1% соответственно) и сырой золы (на 6,6% и 5,9% соответственно). Снижение содержания сырой золы является положительным моментом, так как ни один вариант опыта не соответствует нормативам по содержанию сырой золы. Следует отметить, что при внесении сапонита содержание тяжелых металлов и радионуклидов в зеленой массе не превышает ПДК.

8. Определение возможного влияния водной суспензии сапонита на содержание в почве нитратного азота, подвижного фосфора и подвижного калия, полученных из минеральных удобрений, определялось в условиях модельного опыта. Результатом опыта доказано, что при совместном применении водной суспензии сапонита и минеральных удобрений отсутствует влияние сапонита на доступность питательных веществ растениям из минеральных удобрений.

#### **Практические рекомендации**

Результаты проведенных исследований влияния водной суспензии сапонита на урожайность и качество основной продукции картофеля и вико-овсяной смеси, а также агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы, позволяют предложить, после получения положительного заключения (от ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, ФБУН "ФНЦГ имени Ф.Ф. Эрисмана" Роспотребнадзора и МГУ имени М.В. Ломоносова) для регистрации препарата как агрохимиката, разрешенного к применению на территории Российской Федерации, применять дозы:

- 9,7 т/га при возделывании картофеля для увеличения урожайности и качественных характеристик продукции (прибавка урожая составляет в первый год применения до 10%, последствие на второй год повышает урожайность то 26%, на третий год – 16%);
- 3,6 т/га на вико-овсяной смеси для увеличения урожайности и качественных характеристик продукции (прибавка урожая составляет в первый год применения до 32%, последствие повышает урожайность то 23%);
- 7,3 т/га на парах для снижения кислотности почв.

В случае совместного применения сапонита и минеральных удобрений возможно использовать принятые для региона на окультуренной дерново-супесчаной почве дозы минеральных удобрений без их увеличения.

## Список опубликованных работ

### Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. **Романов Е.М.** Влияние сапонит-содержащих материалов на плодородие почв и урожайность однолетних полевых трав после первого года внесения / Е.М. Романов, Е.Н. Наквасина, Е.Н. Косарева, Е.Н. Шабанова // *Агротехнический вестник*. 2019. № 6. С. 42-46.
2. **Романов Е.М.** Применение водной суспензии сапонита на дерново-слабоподзолистой супесчаной окультуренной почве в качестве мелиоранта / Е.М. Романов, Е.Н. Наквасина, Е.Н. Косарева // *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 8 (161). С. 9-17.

### Публикации в изданиях международной базы данных Scopus

3. Nakvasina E. Monitoring of agricultural lands in Arkhangelsk region / E. Nakvasina, T. Parinova, A. Volkov, **E. Romanov**, A. Popova, L. Golubeva // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. С. 012025.
4. Nikitina M.V. Possibility Determination of Using Saponite in Agriculture / M.V Nikitina, L.F. Popova, E.N. Nakvasina, **E.M. Romanov**, E.A. Zhuravleva // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 723 022016. 2021
5. Romanov E. The problem of utilization of by-products in diamond mining at the "Severalmaz" concentration factory / **E. Romanov**, E. Shabanova, A. Popova, E. Kosareva, E. Nakvasina // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. С. 012015.

### Публикации в других журналах, сборниках и материалах конференций

1. Антропова Г.Е. Почвенный покров и агрохимическая характеристика почв архангельской области / Г.Е. Антропова, **Е.М. Романов**, Е.А. Рохина, Е.Н. Наквасина // *Достижения науки и техники АПК*. 2017. Т. 31. № 2. С. 5-10.
2. Корелина В.А. Научно обоснованная система земледелия и технологии возделывания сельскохозяйственных культур в архангельской области / В.А. Корелина, Т.Б. Лагутина, Л.А. Попова, Г.Е. Антропова, **Е.М. Романов**, М.В. Макарова, Г.П. Прожерина // «Солти» Архангельск, 2016. 116 С.
3. Косарева Е.Н. Применение сапонит - содержащих материалов в качестве минерального удобрения при выращивании картофеля / Е.Н. Косарева, Н.В. Кабачкова, **Е.М. Романов**, Е.Н. Шабанова // *Вестник Российского государственного аграрного заочного университета*. 2018. № 28 (33). С. 11-20.
4. Косарева Е.Н. Современное состояние почвенного покрова сельскохозяйственных земель Архангельской области / Е.Н. Косарева, **Е.М. Романов** // *Исследование почвенного покрова Русского Севера. Материалы X Сибирцевских научных чтений, посвященных 160-летию со дня рождения выдающегося русского естествоиспытателя – геолога, почвовода и агронома Н.М. Сибирцева*. 2020. С. 31-36.

5. Косарева Е.Н. Экологический мониторинг сельскохозяйственных угодий Архангельской области / Е.Н. Косарева, **Е.М. Романов**, Е.Н. Шабанова // Проблемы обеспечения экологической безопасности и устойчивое развитие арктических территорий. сборник материалов Всероссийской конференции с международным участием II Юдахинские чтения. Ответственный редактор И.Н. Болотов. 2019. С. 298-302.
6. Наквасина Е.Н. Мониторинг сельскохозяйственных земель архангельской области / Е.Н. Наквасина, Т.А. Паринова, **Е.М. Романов**, А.Г. Волков, Л.В. Голубева, А.А. Попова // Биомониторинг в Арктике. сборник тезисов докладов участников международной конференции. 2018. С. 96-99.
6. **Романов Е.М.** Влияние сапонит содержащих пород побочной продукции ОАО «Севералмаз» на содержание тяжелых металлов в почве / Е.М. Романов, Е.Н. Косарева, Е.Н. Шабанова // Перспективы развития науки в современном мире. Сборник статей по материалам X международной научно-практической конференции. 2018. С. 46-50.
7. **Романов Е.М.** Влияние сапонит содержащих пород побочной продукции ОАО "Севералмаз" на содержание тяжелых металлов в почве / Е.М. Романов, Е.Н. Шабанова, Е.Н. Косарева // «Арктические исследования: от экстенсивного освоения к комплексному развитию. материалы I международной молодежной научно-практической конференции». САФУ им. М.В. Ломоносова»; ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН. 2018. С. 85-88.
8. **Романов Е.М.** Загрязнение тяжелыми металлами почв агроэкосистем архангельской области / Е.М. Романов // Геоэкологические проблемы Европейского Севера и Арктики. Материалы межрегиональной молодежной научно-исследовательской конференции. 2018. С. 111-114.
9. **Романов Е.М.** Перспективы применения сапонит-содержащих материалов при мелиорации почв севера / Е.М. Романов, Е.Н. Косарева, Е.Н. Шабанова // Исследование почвенного покрова Русского Севера. Материалы X Сибирцевских научных чтений, посвященных 160-летию со дня рождения выдающегося русского естествоиспытателя – геолога, почвовед и агронома Н.М. Сибирцева. 2020. С. 64-70.
10. **Романов Е.М.** Применение сапонит-содержащих материалов в качестве минерального удобрения при выращивании картофеля в Архангельской области / Е.М. Романов, Е.Н. Наквасина, Е.Н. Шабанова, Е.Н. Косарева, О.Д. Кононов // Вестник КрасГАУ. 2019. №1 (142).
11. **Романов Е.М.** Проблема утилизации побочной продукции при добыче алмазов на обогатительной фабрике Севералмаз / Е.М. Романов, Е.Н. Шабанова, Е.Н. Наквасина, А.А. Попова, Е.Н. Косарева // Биомониторинг в Арктике. сборник тезисов докладов участников международной конференции. 2018. С. 106-108.
12. Dependence of proportions and seasonal application of saponite water suspension as ameliorant on acidic properties of soil / **E. Romanov**, С. Shabanova, Н. Nakvasina, А. Popova, Н. Kosareva // Arctic Environmental Research. 20(1): 10-16 <https://doi.org/10.3897/issn2541-8416.2020.20.1.10>. (19 May 2020).