

## ОТЗЫВ

*официального оппонента на диссертационную работу*

Романова Евгения Михайловича

**«Агроэкологическая оценка использования сапонит-содержащих материалов при выращивании сельскохозяйственной продукции на дерново-подзолистой почве»**, представленную на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 4.1.3. – агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

### **Актуальность**

В настоящее время в ряде регионов Российской Федерации, удаленных от промышленных центров страны, существует проблема обеспечения сельхозтоваропроизводителей минеральными удобрениями и мелиорантами. Одним из таких регионов является Архангельская область, где находится алмазодобывающее предприятие, побочной продукцией которого является глинистый минерал - сапонит, добываемый в огромных масштабах. При его использовании в сельскохозяйственном производстве в качестве минеральных добавок и наполнителей для почвогрунтов, он способен влиять на агрохимические показатели почвы, сорбировать гербициды и пестициды, вносимые в почву, а также тяжелые металлы

Использование побочной продукции алмазодобывающей промышленности в качестве минеральных добавок в земледелии региона позволит решить ряд проблем: снизить экологическую нагрузку на территории алмазодобывающей фабрики из-за снижения объемов складирования сапонита, сократить объемы ввозимых удобрений и затраты на их применение, понизить себестоимость выращиваемой продукции. Однако вопросы влияния сапонит-содержащих минералов на изменение физико-химических, химических и агрохимических свойств удобряемых почв, на урожайность и качество продукции в Архангельской области остались малоизученными и нерешенными.

Цель исследований – изучить возможность использования сапонит-содержащих материалов при выращивании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой почве Архангельской области.

В задачи исследования входило:

установить действие и последствие применения водной суспензии сапонита на изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы в чистом пару, под картофелем и викоовсяной смесью;

изучить действие и последствие применения водной суспензии сапонита на изменение урожайности и качество клубней картофеля и зеленой массы викоовсяной смеси;

оценить влияние различных доз водной суспензии сапонита на содержание подвижных форм элементов питания (NPK) в почве в условиях модельного опыта.

### **Научная новизна**

В Архангельской области впервые проведены исследования по применению водной суспензии сапонита из месторождения имени М.В. Ломоносова при выращивании сельскохозяйственных культур. Диссертантом было изучено влияние водной суспензии сапонита на агрохимическую характеристику дерново-подзолистой почвы: её кислотность, содержание подвижного фосфора, калия, нитратного азота, органического вещества. Установлено положительное действие сапонита на урожайность и качество картофеля и викоовсяной смеси. Оно зависело от дозы его внесения в почву. Наибольший эффект сапонита достигнут при выращивании викоовсяной смеси при дозе 3,6 т/га, при выращивании картофеля - при 9,7 т/га. Впервые в условиях Архангельской области на дерново-подзолистой почве в исследованиях установлено отсутствие закрепления суспензией сапонита элементов питания из вносимых минеральных удобрений.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Впервые в условиях Архангельской области на дерново-подзолистой почве разработана экологически безопасная технология применения водной суспензии сапонита при выращивании картофеля и викоовсяной смеси без ухудшения её агрохимических свойств. Применение водной суспензии сапонита не ведёт к увеличению в продукции содержания тяжелых металлов и радионуклидов. Полученные результаты расширяют представления о возможностях использования сапонит-содержащих минералов, широко представленных в мире, в качестве минеральных удобрений.

Практическая значимость работы в том, что эти исследования являются частью опытов, входящих в список работ по включению водной суспензии сапонита из месторождения в перечень агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации.

### **Личный вклад автора**

Исследования по диссертационной работе проводились с 2018 по 2020 гг. лично автором или при его непосредственном участии. Соискатель провел анализ и обобщение литературных источников, принимал непосредственное участие в проведении полевых опытов, отборе почвенных и растительных образцов, их пробоподготовке, учете урожайности, анализе и обобщении полученных материалов, статистической обработке, подготовке заключения по работе и предложений производству, апробации результатов на конференциях, написании статей.

**Апробация работы.** Достоверность полученных результатов, практических рекомендаций и выводов, представленных в диссертации, доказана большим количеством экспериментальных наблюдений в полевых опытах, проведенных по общепринятым методикам; применением стандартных методов агрохимических анализов; статистической обработкой данных с использованием современного программного обеспечения.

Результаты исследования были апробированы на 8 Международных и Всероссийских конференциях в 2018-2020 гг.

**Публикации.** По материалам диссертации 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» и «Web of Science», 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, заключения и предложений производству. Работа содержит 33 рисунка, 5 таблиц и 7 приложений. Список литературы включает 161 источник, в том числе 32 источника иностранных авторов.

**В литературном обзоре** (1-я глава) представлено обобщение исследований по характеристике и использованию побочной продукции горнодобывающего предприятия ПАО «Севералмаз» по добыче алмазов. Описано, что минеральный состав образцов из скважин трубки Архангельская и отвальных продуктов обогащения кимберлитов характеризовался высокой сапонитизацией (от 10 до 99%). С 2014 года ежегодный объем добываемой руды на трубках ААП превышал 3 млн. тонн.

Вскрышные породы складировались в хвостохранилище в виде геля (водной суспензии). В минералогическом составе дисперсной среды до 70% преобладали сапонит-содержащие материалы (глины) из группы монтмориллонитов. Общие запасы сапонита только на трубке Архангельская составили 68 млн. тонн. Поэтому важнейшей проблемой ПАО «Севералмаз» является утилизация побочной продукции. Описан разнообразный спектр применения отходов, в том числе и для улучшения структуры и состава почвы, горнотехнической рекультивации земель.

В литературном обзоре диссертантом описано положительное влияние использования сапонита ряда месторождений на увеличение в дерново-подзолистых почвах и черноземах содержания магния и кальция, подвижного (обменного калия), в меньшей мере фосфора, запасов N-NO<sub>3</sub>; улучшение физико-химических (повышение рН<sub>KCl</sub>, емкости катионного обмена) и агрофизических (повышение водопрочных агрегатов, изменение микроагрегатного и гранулометрического состава) свойств, что обеспечивало повышение урожайности и качества продукции возделываемых культур. Однако исследования по применению сапонита из месторождения имени Ломоносова отсутствуют. Поэтому для использования данного минерала в производстве сельскохозяйственных культур необходимо включение его в перечень агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, что выполняется на основе регистрационных испытаний, подтверждающих положительные свойства и отсутствие негативного воздействия на почву и выращиваемые культуры.

Приведены территориальные особенности размещения Архангельской области, климатические пояса, гидрометеорологические условия и агроклиматическое районирование области. По данным агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий региона (на 01 января 2020 г.) представлено распределение сельскохозяйственных угодий по

гранулометрическому составу, динамике площадей кислых пахотных почв и органического вещества с 2012 по 2019 гг., почв с низким содержанием подвижных форм  $P_2O_5$  и  $K_2O$ , объемам известкования с 1986 года. Установлено падение основных параметров плодородия почв Архангельской области вследствие практически полного прекращения применения минеральных и известковых удобрений.

Опыты, приведенные в данном исследовании, проводятся в рамках регистрационных испытаний по включению побочной продукции обогатительной фабрики ПАО «СЕВЕРАЛМАЗ» сапонита (водной суспензии сапонита) в реестр агрохимикатов, разрешенных к использованию в Российской Федерации. В случае успешных результатов опытов и положительных экспертных заключений в Архангельской области появится производитель минеральных удобрений. Это положительно отразится как на оздоровлении финансовой деятельности сельхозтоваропроизводителей, так и на качестве и количестве получаемой продукции.

В главе 2 описаны **объекты и методы исследования**. Сапонит-содержащие материалы, полученные при переработке алмазоносных пород в Архангельской области, имели рН 7,8, содержали 2900 мг/кг подвижного фосфора, 350 мг/кг подвижного калия, ряд тяжелых металлов (Cu, Zn, Ni, Pb), содержание подвижных форм которых не превышало ПДК. Массовая доля влаги в хвостах обогащения равнялась 76%.

Почвы опытных участков дерново-подзолистые супесчаные. Значения  $pH_{KCl}$  варьировали от 5,4 до 6,5, содержания подвижных форм  $P_2O_5$  – от 325 до 985 мг/кг,  $K_2O$  – от 95 до 192 мг/кг почвы. В опыте с викоовсяной смесью содержание обменного Ca составляло 5,2 мг-экв./100 г, обменного Mg – 1,3 мг-экв./100 г почвы. При  $pH_{KCl}$  5,4 гидролитическая кислотность равнялась 1,7 мг-экв./100 г почвы.

Закладка полевых и модельных опытов проводилась в полном соответствии с существующими методиками, а агрохимические анализы – на базе аккредитованной лаборатории по ГОСТам. Полученные материалы обрабатывались общепринятыми методами с применением MS Excel и SPSS Statistics. Достоверность различий средних величин оценивалась по критериям Краскела-Уоллиса и Манна-Уитни. Дисперсионный и корреляционный анализы экспериментальных данных проводили по Доспехову Б.А.

При написании диссертации выполнен большой объем агрохимических анализов почв и растительной продукции, измерений содержания тяжелых металлов и удельной активности цезия-137 и стронция-90.

В главе 3 «**Экспериментальная часть**» в чистом пару изучено влияние водной суспензии сапонита на изменение кислотно-основных свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы. Установлена возможность её изменять обменную ( $pH_{KCl}$ ) и гидролитическую кислотности изучаемой почвы за счет ионообменных процессов, происходящих в межпакетных пространствах сапонита и коллоидных мицеллах почвы. Их интенсивность зависела от сезонных изменений погоды. Изменения кислотности в почве не

выходили за пределы оптимальной для сельскохозяйственных культур. При применении водной суспензии сапонита не наблюдалось разрушения кристаллической решетки глинистого минерала и дополнительного поступления алюминия в почвенный раствор (жидкую фазу). Полученные материалы подтверждались критериями достоверности.

На картофеле в течение 3-х лет выявлено достоверное влияние сезонных изменений на величину  $pH_{КС1}$ . Оно связано с интенсивным протеканием процессов аммонификации в весенний период, что вело к росту  $pH_{КС1}$ . По мере прогревания почвы усиливались процессы нитрификации, которые приводили к его снижению в течение вегетации (к уборке). Роль вносимой суспензии сапонита сводилась к снижению этих сезонных колебаний. При возделывании викоовсяной смеси такие сезонные изменения  $pH_{КС1}$  наряду с контролем наблюдали в вариантах применения суспензии сапонита в дозах 3,6 и 7,3 т/га.

Динамика в содержании подвижного фосфора совпадала с изменениями  $pH_{КС1}$ . Повышение pH способствовало росту его подвижных форм. На 3-й год на посадках картофеля наблюдали небольшое повышение содержания подвижного фосфора во всех вариантах опыта (менее 7,9% от исходного в 2018 г.). Небольшое снижение исходных запасов подвижного фосфора (менее 10%) было выявлено на 2-й год возделывания викоовсяной смеси. Достоверного влияния ни доз сапонита, ни сезонных изменений на этот параметр не установлено.

Также не выявлено достоверного влияния изучаемых факторов (доз суспензии сапонита и сезонных изменений) на содержание подвижного калия при возделывании картофеля и в 1-й год выращивания викоовсяной смеси (131-186 мг/кг почвы). На 2-й год весной под викоовсяной смесью содержание подвижного калия возросло до очень высокого уровня, а в уборку снизилось до исходных значений. Причины этого, по-видимому, связаны с колебаниями погодных условий.

Содержание органического вещества заметно варьировало во всех вариантах опыта в годы исследований, что, очевидно, связано с интенсивностью трансформации органических остатков и гумуса в зависимости от погодных условий. Статистическая обработка результатов подтвердила значимое влияние на величину этого параметра сезонных колебаний.

Под картофелем не установлено достоверного влияния доз суспензии сапонита на содержание нитратного азота и обменного кальция в почве весной и в уборку. Однако от применения суспензии сапонита в ней достоверно повышалось содержание обменного магния.

Заслуживают особого внимания исследования диссертанта по совместному влиянию нитрофоски и сапонит-содержащих материалов на динамику содержания в почве подвижных форм элементов питания и  $pH_{КС1}$ . При их анализе Романов Е.М. приходит к выводу, что совместное применение удобрений и водной суспензии сапонита не снижает доступность питательных веществ из удобрений.

**Влияние сапонит-содержащих материалов на урожайность сельскохозяйственных культур.** В опыте с картофелем за три года наблюдений установлен достоверный рост урожая клубней при применении доз суспензии сапонита 9,7 и 12,0 т/га, а в опыте с викоовсяной смесью – зеленой массы при дозах ее 3,6 и 7,3 т/га. Увеличение урожайности картофеля было связано как с более лучшим развитием его (увеличением высоты), так и с массой клубней с одного куста.

**Влияние сапонит-содержащих материалов на качество сельскохозяйственной продукции.** Внесение сапонита способствовало увеличению содержания нитратов в клубнях картофеля в сравнении с контролем в оба года наблюдений, однако во всех вариантах опыта содержание их оставалось в два раза ниже ПДК. Отсутствовало влияние сапонита на содержание тяжелых металлов и радионуклидов.

Сделан вывод, что внесение водной суспензии сапонита способствует значительному увеличению в клубнях картофеля содержания сырого протеина (на 23,3-52,3% от контроля) и растворимых углеводов (41,0-89,1% от контроля), незначительному росту количества сырого жира.

Применение водной суспензии сапонита в дозе 3,6 т/га достоверно повышало урожайность зеленой массы викоовсяной смеси и не ухудшало ее качественных характеристик.

Структура диссертации соответствует требованиям ВАК РФ.

Основное содержание диссертации отражено в автореферате. Выводы и предложения производству вытекали из результатов исследований.

**Достоинством работы** является четкое изложение целей и задач исследований, обсуждение полученных результатов с учетом современных достижений агрохимии. Заслуживают особого внимания исследования в модельных опытах по совместному влиянию нитрофоски и доз водной суспензии сапонита на динамику  $pH_{КС1}$  и содержание нитратного азота в почве. Они позволили оценить роль процессов аммонификации и нитрификации на изменение кислотности почвы. Получены весьма ценные данные по использованию современных статистических методов, позволяющих выявлять роль изучаемых факторов и сезонных изменений на динамику агрохимических и физико-химических свойств изучаемых почв. Комплексное применение различных методов исследования почв и получаемой продукции позволило объективно оценить выводы работы и повысить их достоверность, экологическую безопасность применения побочной продукции.

#### **Недостатки работы и пожелания**

1. Учесть в будущих работах размерности в содержании обменного кальция и магния (мг-экв/100 г почвы, стр. 8 автореф.), количества приливаемой водной суспензии в модельном опыте (не в мл, а в л, стр. 9 автореф.), количества приливаемой воды в нем (170 мл, стр. 57 дисс.). В диссертации встречаются неточности редакционного характера и опечатки.

2. В модельном опыте более низкие значения подвижного калия в первые 2 недели, более вероятно, обусловлены поглощением сапонитом ионов  $K^+$ , так как без сапонита значения его близки к равновесным (рис. 27).

3. В работе Романова Е.М. убедительно доказано достоверное положительное влияние водной суспензии сапонита на урожайность клубней картофеля и зеленой массы викоовсяной смеси, качество получаемой продукции. Однако не установлено ведущего влияющего фактора. Наряду с высказанным диссертантом объяснением (улучшением физических свойств почвы) из работы вытекает возможное высокое повышающее действие на эти параметры на супесчаных почвах улучшения питания магнием (рис. 4) и нитратным азотом. Утяжеление гранулометрического состава почвы обеспечивает более умеренную трансформацию органического вещества почвы и растительных остатков и более экономное и эффективное использование образовавшегося  $N-NO_3$  возделываемыми культурами

### Заключение

Несмотря на отмеченные недостатки и пожелания, которые не снижают ценность выполненных исследований, можно заключить, что диссертация Романова Е.М. «Агроэкологическая оценка использования сапонит-содержащих материалов при выращивании сельскохозяйственной продукции на дерново-подзолистой почве» представляет собой самостоятельно выполненный автором на дерново-подзолистой супесчаной почве Архангельской области научный труд. Диссертационная работа отвечает критериям, предъявляемым в п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а автор ее Романов Евгений Михайлович достоин присуждения ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 4.1.3 – агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений.

Доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела агрохимии и экологии ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр»



Владимир Васильевич Окорков

22 мая 2023 года/

Адрес 601261, Владимирская обл., Суздальский р-н, пос. Новый, ул. Центральная, д. 3, тел./факс: 8(49231)21825/21915, [adm@vnish.elcom.ru](mailto:adm@vnish.elcom.ru), [mail@vnish.org](mailto:mail@vnish.org)

Подпись Окоркова В.В. заверяю:  
ученый секретарь ФГБНУ  
«Верхневолжский федеральный  
аграрный научный центр»

 Елена Викторовна Викулина

