

Отзыв

официального оппонента, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Федотовой Людмилы Сергеевны на диссертационную работу Боровковой Натальи Владимировны на тему «Влияние фосфогипса на агроэкологические показатели орошаемых черноземов Среднего Поволжья и продуктивность картофеля», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 4.1.3 – Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений в диссертационный совет 24.1.006.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова»

Актуальность работы. Почвенный покров Самарской области практически полностью представлен высокопотенциальными выщелоченными и типичными черноземами, а на юге региона - черноземами южными, но более 25 тыс. гектар деградировано в результате техногенных и природных трансформаций. Их полноценное введение в севооборот требует проведения мелиоративных мероприятий. Наряду с этим в мелиорации нуждаются и орошаемые земли, в которых происходит вымывание кальция из пахотного горизонта, что ведет к разрушению почвенных структур и ускоренному развитию эрозионных процессов. Их площадь равна 130 тыс., а в ближайшей перспективе она возрастет до 400 тыс. га. Для проведения химической мелиорации деградированных почв и восполнения потерь кальция в орошаемых почвах необходимо применение кальцийсодержащих мелиорантов. По мнению многих ведущих исследователей, решение данной проблемы возможно за счет использования в качестве мелиорантов продуктов промышленной переработки. Таким продуктом может быть фосфогипс, производство которого происходит на предприятиях химических компаний: «ФосАгро», «УралХим» и «ЕвроХим», специализирующихся на выпуске минеральных удобрений. Внесение фосфогипса в почву способствует замене натрия на кальций в почвенном поглощающем комплексе, что улучшает структуру почвы. Однако научные исследования по использованию фосфогипса в качестве мелиоранта на черноземах Среднего Поволжья не проводились и нет рекомендаций по его использованию для восстановления нарушенных земель и восполнения кальция на орошаемых почвах, что подтверждает новизну и актуальность темы диссертационного исследования, выполненного Натальей Владимировной Боровковой.

Научная новизна исследований состоит в том, что впервые на основе комплексных исследований разработана экологически безопасная дифференцированная система удобрения картофеля в орошаемом земледелии юж-

ной агроэкологической зоны Самарской области, предложены нормы внесения фосфогипса с долевой концентрацией 70-80 % гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 2-3 % подвижного фосфора (P_2O_5), 15 % оксида кремния (SiO_2) и 20-22 % кальция (Ca) в качестве химического мелиоранта для оптимизации кислотности орошаемого чернозема обыкновенного Самарского Заволжья с содержанием гумуса 4,5% и pH почвенного раствора 7,4-7,9 и получения стабильно высоких, экологически безопасных урожаев картофеля сорта Гала на уровне 58,6 - 59,7 т/га и сорта Гранада в пределах 59,0-71,6 т/га.

Установлена высокая эффективность фосфогипса при сочетании его с минеральными удобрениями в нейтрализации кислотности почвенной среды, улучшении питательного режима чернозема обыкновенного остаточно-лугового малогумусного среднесуглинистого, а также в повышении урожайности картофеля, улучшении качества и получении экологически безопасной продукции.

Значимость для науки и практики, полученных автором результатов. Проведенные Н. В. Боровковой исследования способствуют решению продовольственной проблемы и позволяют совершенствовать элементы технологий, обеспечивающие оптимальные параметры плодородия черноземных почв и получение планируемых урожаев. Автором расширены научные представления о закономерностях трансформации основных показателей плодородия чернозема обыкновенного остаточно-лугового малогумусного среднесуглинистого и формирования продуктивности агроценозов под влиянием кальцийсодержащего мелиоранта фосфогипса.

Материалы диссертационных исследований могут быть использованы при изучении, агрохимии, почвоведения, земледелия, а также использованы при разработке программ повышения квалификации для агрономов-агрохимиков-почвоведов.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Диссертационная работа Н. В. Боровковой выполнена по результатам полевых и лабораторных экспериментов с использованием ГОСТов, апробированных методов исследований полевого опыта по культуре картофеля, при широком привлечении статистических методов анализа для обработки большого массива цифрового материала.

Основные положения диссертационной работы обоснованы и освещены на Всероссийских, Международных и Национальных научно-практических конференциях (Горки, 2023; Саратов, 2023; Кинель, 2022; Казань, 2022; Курган, 2022; Самара, 2021). Основные результаты исследований

опубликованы в 15 научных статьях, в том числе 3 – в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК Минобрнауки РФ.

Результаты и выводы, приведенные в диссертации, согласуются с современными представлениями в данном направлении исследований.

Структура работы. Диссертация Боровковой Наталья Владимировны изложена на 185 страницах компьютерного текста, состоит из введения, пяти глав, заключения, рекомендаций производству и перспектив дальнейшей разработки темы, содержит 48 таблиц, 7 рисунков и 4 приложения. Список литературы включает 111 источников, в том числе 24 иностранных авторов.

Анализ содержания работы. Во введении обосновывается актуальность работы, отмечается степень разработанности темы, ставятся цели и задачи, рассматривается научная новизна, теоретическая и практическая значимость проведенных исследований, методология и методы исследований, достоверность экспериментальных данных, выделены основные защищаемые положения, указана апробация работы.

В обзоре научной литературы рассмотрены вопросы мелиоративных эффектов фосфогипса в повышении плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур, физиологической роли, нормирования и приемов детоксикации тяжелых металлов, устойчивости овощных культур к действию тяжелых металлов, онтогенезу, продуктивности, влиянию агротехнических приемов на содержание тяжелых металлов в почвах, урожайность и качество продукции.

В разделе 1.1 описаны виды мелиоративных мероприятий, приведены наиболее востребованные классификации мелиорантов. Отмечено, что использование фосфогипса на различных деградированных землях представляет широкие перспективы использования в сфере сельского хозяйства.

Раздел 1.2. характеризует влияние микроорганизмов на плодородие почв. Из приведенных литературных данных следует, что микроорганизмы улучшают структуру почвы, повышают влагоемкость, защищают от патогенов и стимулируют рост растений, выступая главными индикаторами здоровья и продуктивности почвенного биома.

Раздел 1.3. посвящен описанию современного состояния отрасли картофелеводства. Автор делает заключение, что производство картофеля в России отличается определенной устойчивостью, так как его основное производство развернуто в личных хозяйствах населения, которых в стране, по данным Е. А. Симакова насчитывается до 18 млн. Но в хозяйствах этого типа, по сравнению с промышленным производством, урожайность картофеля значительно ниже: преимущественно ручной труд, экстенсивные технологии

выращивания, низкое качество посадочного материала. Указан на низкий технический и технологический уровень отечественного оригинального семеноводства, поэтому делается правильный вывод – ситуация в сфере научной обеспеченности отрасли картофелеводства требует кардинального изменения на основе современных достижений науки в специализированных семеноводческих хозяйствах на всей территории РФ.

В разделе 1.4 приведены биологические и агротехнологические приемы регулирования урожайности картофеля и особенности его возделывания. Автор отмечает, что регулирование урожайности картофеля основано на сочетании биологических особенностей и агротехнологических приемов: использование сертифицированных семян, высадка в гребни (на ширину междурядий 75 или 90 см), сбалансированное питание (N, P, K), борьба с сорняками/вредителями и предуборочная десикация ботвы.

В разделе 1.5. проанализировано влияние агротехнических приемов на содержание тяжелых металлов в почвах, урожайность и качество картофеля. Отмечено, что правильное применение таких приемов как известкование, внесение органических и минеральных удобрений, подбор сортов и севооборотов, глубина обработки почвы позволяет сбалансировать высокую урожайность с требованиями безопасности к качеству картофеля.

Во второй главе диссертации описаны условия, материал и методы исследований. **В разделе 2.1.** приведена почвенно-климатическая характеристика опытного участка, расположенного в южной агроэкологической зоне Самарской области. Проанализированы метеорологические условия вегетационных периодов в годы проведения опытов, отмечены требования картофеля к климату, сделано заключение, что растения развивались в условиях достаточного количества тепла и влаги.

Раздел 2.2. Описаны место проведения исследований и схема опыта в звене зернопаропропашного севооборота. Экспериментальная часть исследований реализована на полях ИП Цирулев Е.П., главы К(Ф)Х, расположенного в Приволжском районе Самарской области в период с 2021 г. по 2024 г. на площади 462 га, где в качестве фона применяли минеральные удобрения $N_{150}P_{150}K_{300}$ в сочетании с фосфогипсом в 5-польном севообороте.

В разделе 2.4. описаны методы и методики исследований для решения поставленных целей и задач в двухфакторном полевом опыте.

В третьей главе диссертации дана оценка агрохимических свойств почв производственных плантаций картофеля. **В разделе 3.1.** Приведены расчеты потребности растений картофеля (сорта Гала и Гранада) в элементах питания в соответствии с запланированной урожайностью, бездефицитный баланс гумуса в севооборотах, который компенсируется за счет включения в севооборот выращивания сои на 2-х полях и фацелии. В результате прове-

денных исследований установлена средняя степень гумификации. Произведенный расчет токсичности солей установил: что по содержанию CO_3^{2-} и Cl^- превышен порог токсичности во всех вариантах опыта, включая фон; по содержанию SO_4^{2-} превышен порог токсичности в вариантах опыта ФГ 6 т/га и 8 т/га; по содержанию HCO_3^- – нет превышения порога токсичности.

Раздел 3.2. Диссертантом подробно рассмотрена динамика обменной и гидролитической кислотности почвы опытного участка, поскольку кислотно-основное состояние обуславливает многие особенности поведения элементов в почве, с ним связаны режимы органического вещества и элементов минерального питания, подвижность соединений. Исследованиями автора установлено, что актуальная кислотность изменялась от средне щелочной (рН 8,0) на фоновом участке до нейтральной рН 7,0-7,1 и слабощелочной рН 7,4 в вариантах ФГ 6 и 8 т/га. Обменная кислотность варьировала от нейтральной рН 7,0-7,1 в вариантах ФГ 2 т/га, 4 т/га, 8 т/га до слабощелочной на минеральном фоне и в варианте ФГ 6 т/га.

Раздел 3.3. содержит описание результатов агрофизических свойств почвы. Оценка агрофизических свойств исследования проводилась на 2-х почвенных разностях различного механического состава черноземов обыкновенных малогумусных: тяжело и среднесуглинистых. Качество структуры находилось в прямой зависимости от варианта опыта: с увеличением внесения дозы фосфогипса происходило улучшение качественной характеристики структуры.

Раздел 3.4. Рассмотрена характеристика физических свойств почв относительно плотности сложения почвы, плотности твердой фазы и пористости. Произведенный автором расчет общей пористости почвы показал, что пористость находилась в прямой зависимости от плотности почвы.

Отличное качество пористости агрегатов на тяжелосуглинистых почвах (56%) выявлено в вариантах ФГ 4 т/га и 6 т/га и на среднесуглинистых почвах – (64%) в варианте опыта ФГ 4 т/га.

Раздел 3.5. Приведены результаты влияния различных норм внесения мелиоранта на распространение фитопатогенов и антагонистов в почве. Автор утверждает, что внесение ФГ, начиная от дозы 2 т/га, способствовало увеличению числа антагонистов *Trichoderma sp* в 4-40 раз по сравнению с фоновым вариантом. Наибольшая концентрация грибов выявлена при применении 4 т/га ФГ – 4×10^4 КОЕ/г почвы, что в 40 раз превышает фоновое значение. Из приведенных данных сделано заключение, что внесение фосфогипса ведет к снижению фитопатогенов в почве таких, как: *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, *Rhizopus sp.*, *Aspergillus niger*, при увеличении общего количе-

ства прочих микроорганизмов, не вызывающих заболеваемости клубней картофеля.

Раздел 3.6. Рассматривается влияние разных норм применения фосфогипса на микробиологическую активность почвы. На основании полученных результатов указано, что количество бактерий на питательной среде МПА при внесении ФГ возрастает относительно фона на 6-33%, достигая наибольшего влияния (на 14-47%) в варианте опыта ФОН + ФГ 6 т/га – 1532 тыс. КОЕ на 1 г почвы. В исследованиях значение коэффициента минерализации говорит об интенсивном процессе минерализации, при этом при внесении 8 и 4 т/га ФГ прослеживается значительное уменьшение степени минерализации органического вещества на 16,4 и 4,3% по отношению к Фону.

Раздел 3.7. Описано влияние фосфогипса на распространение заболеваний, фенологические фазы развития растений и качество клубней картофеля. Внесение ФГ улучшало работу антагонистов, что приводило к снижению распространения внешних инфекций и улучшению товарного вида более, чем на 40%. Максимально низкое значение распространения болезней (15,7%) было отмечено при применении ФГ 6 т/га, что ниже Фонового значения на 64,5%. Автором приведены данные повышения основных параметров качества клубней: сухое вещество, крахмал и витамин С, в зависимости от применения ФГ. Содержание нитратов в клубнях картофеля обоих сортов закономерно снижалось в зависимости от норм внесения ФГ.

В главе 4 описана эффективность действия фосфогипса на аккумуляцию тяжелых металлов почвой и картофелем.

Раздел 4.1. Показано влияние фосфогипса на накопление тяжелых металлов почвой под растениями картофеля сорта Гранада. Автором отмечено, что применение фосфогипса способствовало увеличению концентрации в почве подвижных форм тяжелых металлов под среднепоздним сортом Гранада – подвижность Pb, Cu, Zn, Mn, Ni увеличивалась на 23,5%, 30, 15, 20 и 26,5%. Для изучаемых металлов в почве был рассчитан коэффициент относительной концентрации каждого элемента (Кс) на определенной стадии вегетации растений: полные всходы, бутонизация, начало цветения, клубнеобразование, формирование кожуры. На основании Кс автором выведены геохимические ряды для сортов Гала/Гранада: Cd (1,02/1,02) → Pb (0,83/0,80) → Ni (0,51/0,49) → Cu (0,36/0,37) → Mn (0,29/0,29) → Zn (0,20/0,19) → Fe (0,10/0,11). Применение фосфогипса повышало концентрацию Zn, Fe, Ni на 19,3%, 20%, 15,2%, соответственно, содержание Fe снижалось на 3,3%.

Раздел 4.2. Влияние фосфогипса на накопление тяжелых металлов почвой под растениями картофеля среднераннего сорта Гала. Применение фосфогипса способствовало увеличению концентрации в почве подвижных

форм тяжелых металлов: подвижность Cd возрастала на 16%, Mn – 90%, Fe и Ni – 19%. Для изучаемого сорта автором были сделаны аналогичные предыдущему подразделу расчеты. В целом геохимический ряд отразился следующим образом (по убыванию Кс элементов) – близкие к фоновым значениям были у: Cd, Ni и Fe, ассоциация рассеивающихся элементов состояла из: Pb, Cu, Mn и Zn.

Раздел 4.3. Проанализировано накопление тяжелых металлов картофелем. Расчетами выявлено, что при внесении фосфогипса содержание тяжелых металлов в клубнях картофеля не превышало гигиенические нормативы и было ниже фитотоксичной концентрации: Cd - в 140 раз, Pb - в 89,5, Zn - в 55,5, Cu - в 38,3, Mn - в 144, Ni - в 111,6 раза. Превышена допустимая концентрация Pb в клубнях сорта Гала в 1,36 раза, сорта Гранада – в 1,5 раза.

Исходя из потенциальной биогеохимической подвижности металлов, согласно рядам биологического поглощения, Cd, Pb, Cu, Zn, Mn, Fe и Ni являются элементами слабого накопления. Наиболее высокий КПБ у Zn, но его роль в общем круговороте веществ незначительна. Показатель биотичности марганца на сорте Гала в зависимости от норм внесения мелиоранта снижался в 2,6-3,5 раза, на сорте Гранада ПБЭ снижался в 2,7-3,0 раза. Показатель биотичности железа на сорте Гала снижался в 1,0-1,7 раза, тогда как на сорте Гранада – в 1,2-1,3 раза.

В главе 5 Дана оценка эффективности использования фосфогипса для получения экологически безопасной продукции картофеля.

Раздел 5.1. Проанализирована урожайность картофеля при использовании фосфогипса. Автором сделано заключение, что внесение в почву фосфогипса на фоне минерального удобрения в норме $N_{150}P_{150}K_{300}$ достоверно обеспечивало прибавку урожая картофеля сорта Гранада в пределах 7,4-18,3%, или 4,0-9,9 т/га при его сборах на уровне 58,1-64,0 т/га. Максимальная урожайность у сортов картофеля Гала и Гранада получена при внесении 8 и 6 т/га фосфогипса, что на 8,2 и 9,9 т/га или 16,0% и 18,3% выше уровня урожайности минерального фона – 51 и 54 т/га, соответственно.

Раздел 5.2. Приведена экономическая оценка эффективности возделывания картофеля. Расчеты экономической эффективности показали, что при внесении ФГ в сравнении с фоном, урожайность картофеля сорта Гала увеличивалась на 16,0%, прибыль составила 239,38 тыс. рублей с 1 га при рентабельности 52,98%; урожайность картофеля сорта Гранада возросла на 18,3% и рентабельность составила 66,26%.

По мере увеличения нормы применения фосфогипса – до 4,0 т/га увеличивался объем дополнительно произведенной продукции, а, следовательно, и общая стоимость продукции на 10,4% относительно фона. При этом

производственные затраты, учитывая стоимость фосфогипса, составили 445,84 тыс. руб./га, что на 2,1% больше фона. В результате уровень рентабельности составлял уже 47,5%.

Соискателем сделано заключение и приведены рекомендации производству, а также представлены перспективы дальнейшей разработки темы.

Боровкова Наталья Владимировна показала хорошее знание литературы и способность к анализу собственных данных на ее основе. Однако, в ходе детального рассмотрения диссертационных исследований возникли следующие замечания и вопросы, требующие пояснения.

Замечания по диссертационной работе:

1. Почему в качестве испытуемой культуры был выбран картофель, какова доля его в структуре посевных площадей Самарской области?

2. Выбор двух сортов картофеля немецкой селекции разных групп спелости (среднеранний и среднеспелый) обоснован, поскольку в регионе очень сильно влияние компании ЗАО «Самара-Солана». Но, возможно, стоило бы остановиться на одном сорте картофеля немецкой селекции и добавить один сорт отечественный той же группы спелости?

3. Нет обоснования выбора градации доз внесения фосфогипса: 2 т/га, 4, 6 и 8 т/га.

4. Каким методом определяли фракционный состав гумуса или может быть делали перерасчет через коэффициенты, т.к. в главе 2 указан только ГОСТ 26213-91 по определению органического вещества? Каким образом в течение краткосрочного опыта изменился тип гумуса и соотношение C: N?

5. На наш взгляд, соискатель очень углубленно подошла к расчету баланса гумуса и обеспеченности элементами питания (доз NPK), о чем говорит большой объем главы 3.1 (стр. 64-94). При расчете баланса элементов приводятся данные по их поступлению с атмосферными осадками, откуда взяты эти данные не указано? Нет ссылок на источник по данным табл. 3.1.17 (по оптимальному соотношению N:S; потребность растений в сере, кг/га)? В таблицах: 3.1.15, 3.1.18 и 3.1.19 не указаны годы?

6. Особого внимания заслуживают экспериментальные данные глав 3.5-3.7, посвященные изучению биологических свойств почвы. Соискателем получены убедительные и разносторонние данные по положительному действию мелиоранта на распространение фитопатогенов и антагонистов (глава 3.5); на микробиологическую активность почвы (глава 3.6); на распространение заболеваний (глава 3.7). Вместе с тем, эти данные по фунгистатической активности мелиоранта не отражены в выводах.

7. В главе 3.7 представлены данные влияния изучаемых доз ФГ на распространение внешних инфекций клубней. Какие болезни, кроме парши, подра-

зумеваются под термином «внешние инфекции клубней», учитывались ли они? Эффективность действия различных доз ФГ на снижение заболеваний соискатель показала в процентных отклонениях: по сорту Гранада при внесении ФГ в норме 8 т/га на 15-35% и по сорту Гала при применении 6 т/га ФГ, что на 26-35% ниже фонового показателя. На наш взгляд, было бы понятнее показать действие ФГ в процентных пунктах как простую разность между распространенностью болезней в фоновом варианте (%) и конкретным значением (%), полученным в варианте с ФГ.

8. В качестве пожелания для дальнейших исследований: было бы интересно сравнение влияния фосфогипса на черноземную почву в условиях орошения и на богаре, в том числе с отечественными сортами картофеля.

9. Общие замечания: в тексте работы встречаются опечатки и стилистические погрешности, повторы слов и предложений, но их количество не критично. Шестнадцать выводов для кандидатской диссертации – очень много, при том, что некоторые из них (3, 5, 6, 7 и 8) можно было сократить; 15-ый вывод содержит много специфических сокращений, что плохо отражается на восприятии. В диссертациях допускается размещение списка сокращений и условных обозначений, которого явно не хватает в представленной работе. Встречаются таблицы (например, 4.3.2 и 4.3.3), в которых отражены окончательные цифры, а как они рассчитаны – не раскрывается.

Считаю, что выявленные недостатки не снижают общего благоприятного впечатления от диссертационной работы Боровковой Натальи Владимировны, а указывают на сложность решаемой проблемы.

Заключение. Оценивая работу в целом, можно отметить, что диссертантом проделана большая работа на современном научно-методическом уровне, получены оригинальные данные, а выдвинутые на защиту положения обоснованы и подтверждаются статистически. Согласно паспорту специальности 4.1.3. – агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений, в представленной работе соискателем – Боровковой Н. В., (п. 1.1-1.6.) усовершенствованы системы применения удобрений, химических средств мелиорации почв и биологизации в севооборотах; (п. 1.7-1.9) предложены пути повышения эффективности применения удобрений, определены балансово-расчетными методами дозы удобрений и регулирование химического состава и питательной ценности растениеводческой продукции при применении удобрений и других средств химизации и биологизации; (п.1.14.) изучено действие удобрений на содержание токсикантов в агроценозах и снижение их поступления в культурные растения; (п. 2.7.) предложены пути решения проблемы техногенного и агрогенного химического загрязнения почв и изменения их естественной кислотности, состава почвенного поглощающего ком-

плекса и почвенных водных мигрантов; (п. 2.9.-2.10) изучен состав и свойства органического вещества агропочв. Агропочвенная зоология, микробиология и метагеномика, проведены исследования по пунктам 2.15-2.16. и др.

В целом диссертация Боровковой Н. В. «Влияние фосфогипса на агроэкологические показатели орошаемых черноземов Среднего Поволжья и продуктивность картофеля» по объему, новизне, теоретической и практической значимости является завершенной научно квалификационной работой. В диссертации изложены научно-обоснованные результаты исследований, которые раскрывают эрудированность и профессионализм автора.

Диссертационная работа «Влияние фосфогипса на агроэкологические показатели орошаемых черноземов Среднего Поволжья и продуктивность картофеля» соответствует критериям, изложенным в п. п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Боровкова Наталья Владимировна заслуживает присуждения искомой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений.

Официальный оппонент:

доктор сельскохозяйственных наук (06.01.04 - агрохимия),
профессор, главный научный сотрудник
отдела агротехнологий
ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»

Людмила Сергеевна Федотова



17 марта 2026 года

Подпись Федотовой Людмилы Сергеевны удостоверяю:

Ученый секретарь

ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»

Янюшкина Наталья Александровна

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха» (ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»)

Адрес: 140051 Московская обл., Люберецкий р-н, п Красково, ул. Лорха, д.23, Литер В; тел/факс +7(498) 645-03-03, e-mail: coordinazia@mail.ru, <http://lorchinstitute.ru>