В диссертационный совет ПДС 2021.002
Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Российский университет
дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Доктора сельскохозяйственных наук, член-корреспондента РАН директора Краснодарского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «РосАгроХимслужба» Подколзина Олега Анатольевича на диссертацию Гукалова Виктора Владимировича на тему «Диагностика направленности изменений свойств почв и управление плодородием на основе окислительно-восстановительного состояния основных типов почв Европейской части России», представленной к защите на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 4.1.3. - агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений.

Актуальность темы исследования. В связи с разработкой программы по повышению плодородия почв в нашей стране и мероприятий по ее реализации, как для исследователей, так и для практиков, необходимо учитывать многие факторы, которые и изложены в диссертационном исследовании, где основное внимание уделяется диагностике направленности изменений свойств почв и управление плодородием на основе окислительно-восстановительного состояния. Актуальность работы определяется тем, что параметры окислительно-восстановительного состояния (Eh) и связанного с ним кислотно-основного состояния (pH) оказывают прямое влияние на доступность элементов питания, и непосредственно определяют формы нахождения элементов питания в почве и степень их доступности растениям. При кислой реакции среды, как это происходит на дерново-подзолистых почвах, возрастает подвижность ионов алюминия и марганца в степени окисления +2, и их высокие концентрации оказывают фитотоксическое действие на корневые системы, подавляя рост и поглощение катионов. В щелочных условиях фосфор переходит в труднорастворимые соединения, такие как ортофосфаты кальция, что резко снижает его доступность.

Диагностика окислительно-восстановительного состояния в совокупности с кислотно-основным и позволяет прогнозировать, какие элементы будут находиться в «зоне физиологической доступности», и на этой основе корректировать систему применения удобрений.

Необходимо учесть, что рассматриваемые в диссертационной работе показатели выполняют также функцию ранних индикаторов неблагоприятных почвенных процессов. Как отмечено автором, снижение Eh является диагностическим признаком развития восстановительных условий, как правило, обусловленных переувлажнением и началом оглеения. Сдвиг pH в кислую сторону (в результате выпадения кислотных осадков, внесения физиологически кислых удобрений) или в щелочную (при орошении жёсткими водами и накоплении обменного Na^+) сигнализирует о направленном изменении химических свойств почв. Своевременное обнаружение указанных трендов даёт возможность превентивно применять мелиоративные мероприятия — регулировать дренаж, вносить мелиоранты, корректировать севообороты — и тем самым предотвращать необратимую деградацию почвенного покрова.

Почва представляет собой не статичную, а динамично функционирующую полигональную систему. Как показано автором, на окислительно-восстановительное и кислотно-основное состояние влияют водный режим, температурный фактор, микробиологическая активность, внесение органических и минеральных удобрений и мелиорантов, а также совокупное антропогенное воздействие. Исследование этих параметров позволяет раскрыть характер взаимосвязей в почвенной системе: изменение одного фактора (например, увлажнения) запускает каскад последовательных реакций, трансформирующих одновременно Eh, pH и подвижность элементов. Без понимания этих связей агротехнические решения принимаются эмпирически: внесение, например, мелиоранта может не дать ожидаемого эффекта либо усугубить неблагоприятное состояние, если не учтён весь комплекс сопряжённых свойств почвы.

На основе исследований окислительно-восстановительного и кислотно-основного состояния формируются модели оптимальных значений этих показателей для конкретных типов почв и сельскохозяйственных культур. Это создаёт методологическую базу точного земледелия: построение электронных почвенных карт, дифференцированное внесение удобрений и мелиорантов, планирование мелиоративных мероприятий. Реализация указанных подходов обеспечивает рост урожайности, снижение экономических потерь от неэффективных агрозатрат и уменьшение экологической нагрузки на агроландшафты.

Рассматриваемые в работе аспекты также важны для решения прикладных хозяйственных задач. В Российской Федерации значительные площади пахотных угодий характеризуются кислой реакцией среды и нуждаются в известковании; существенные площади подвержены временному избыточному увлажнению и оглеению. Исследования по данной теме направлены на уточнение процессов, протекающих в таких почвах, разработку более точных методов их количественной характеристики и поиск эффективных способов оптимизации. Перспективным направлением здесь, как показано автором, является создание интегральных оценок, учитывающих не только абсолютные значения pH и Eh, но и кинетику процессов, буферную ёмкость почв и их сорбционную способность по отношению к ионам. А в условиях изменяющегося климата, что особенно проявляется в Европейской части России при увеличивающейся частоте экстремальных осадков и засух возрастает риск формирования неблагоприятных водно-воздушных режимов (переувлажнения, засушливых стрессов). Изучение динамики pH и Eh позволяет совершенствовать прогнозирование указанных рисков и адаптировать агротехнологии к изменяющимся условиям.

Научная новизна исследования

Впервые выполнена информационная оценка окислительно-восстановительного и кислотно-основного состояния почв, заключающаяся в

установлении количественных математических взаимосвязей показателей pH и Eh с комплексом почвенных свойств и их пространственно-временной динамики. Для основных типов почв, Европейской части России, установлены характеристические значения указанных показателей, которые могут использоваться в качестве диагностических критериев.

Впервые предложена энергетическая оценка окислительно-восстановительного и кислотно-основного состояния почв Европейской части России, на основе термодинамических характеристик протекающих реакций, а также по биопродуктивности растений и микроорганизмов в пересчёте на кДж/га.

Разработан и апробирован комплекс новых методов оценки кислотно-основного и окислительно-восстановительного состояния почв, включающих такие показатели как: оценка фактора кинетики; оценка депонирующей способности почв; оценка содержания положительно и отрицательно заряженных соединений почв; оценка суспензионного эффекта; оценка буферности почв по отношению к H^+; оценка буферной ёмкости почв по отношению к H^+; оценка содержания оксидантов и антиоксидантов; оценка содержания положительно и отрицательно заряженных аэроионов.

Экспериментально доказано, что оптимумы окислительно-восстановительного и кислотно-основного состояния почв носят дифференцированный характер и различаются: в зависимости от климатических условий, включая критические фазы онтогенеза растений; в зависимости от сочетания почвенных свойств; для почв и для растений; от различных элементов рельефа; для отдельных генетических горизонтов в пределах почвенного профиля.

Установлено, что оптимумы кислотно-основного и ОВ-состояния, обеспечивающие прогрессивную эволюцию почв и повышение урожайности сельскохозяйственных культур, могут быть описаны математическими зависимостями.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в том, что автором разработана система диагностики направленности изменений свойств почв Европейской части России и управления плодородием, базирующаяся на новых способах регулирования окислительно-восстановительного и кислотно-основного состояния почв на основе применения регуляторов окислительно-восстановительного состояния почв, растений, применения комплексонов органических лигандов с заданной константой устойчивости образуемых комплексов с двух-, трех- и многовалентными катионами, применения гуматов из целлюлозосодержащих отходов растениеводства, использования эффектов синергизма при поглощении корнями катионов и анионов и антагонизма при поглощении ионов одного знака заряда, оптимизации комплекса иных свойств почв посредством внесения биофильных элементов и некорневых подкормок в условиях неблагоприятных кислотно-основных и окислительно-восстановительных режимов, регулирования скорости и интенсивности дернового процесса почвообразования и оглеения средствами агротехнических приёмов.

При оценке трансформации свойств почв под влиянием их окислительно-восстановительного и кислотно-основного состояния предложено совместное рассмотрение прямых и обратных связей в системе «свойства почв — окислительно-восстановительный режим» с использованием разработанных автором уравнений регрессии.

На основе экспериментальных данных и материале длительных полевых опытов на дерново-подзолистых почвах и обыкновенных чернозёмах Краснодарского края экспериментально обоснована перспективность применения органических удобрений с высокой комплексообразующей способностью: их использование обеспечило получение урожайности пшеницы 90 ц/га в условиях Краснодарского края и 50 ц/га в Московской области.

Структура и основное содержание работы

Диссертация изложена на 393 страницах. Состоит из введения, основной части, содержит 28 рисунков, 93 таблицы, заключения, списка литературы, который включает 601 наименование, в том числе 31– на иностранном языке.

Во введении автором обоснованы актуальность темы и степень её разработанности; сформулированы цель и задачи исследования, положения, выносимые на защиту; охарактеризованы научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, личный вклад автора, а также приведены сведения об апробации полученных результатов.

В первой главе, посвященной обзору литературы, представлены данные по окислительно-восстановительным и кислотно-основным характеристикам почв, включая причины подкисления почв, свойства, процессы, режимы кислотно-основного состояния почв, процессы, протекающие в кислых почвах, кислотно-основные режимы в почвах, депонирующая способность почв к H+ катионам, определяющим кислотно-основное равновесие почв, буферность почв к подкислению, прогноз изменения свойств почв при изменении pH и Eh, оптимальные значения кислотно-основного состояния почв, расчет доз извести. Представлена агроэкологическая оценка окислительно-восстановительного состояния почв.

Во второй главе охарактеризованы объекты и условия проведения опытов, изложены методики исследований физических, физико-химических свойств, химического состава, приведены сведения об использованном аналитическом оборудовании, государственных и отраслевых стандартах. Представлены также методические подходы, разработанные автором.

В главах 3–5 изложены экспериментальные результаты автора по изучению кислотно-основного и окислительно-восстановительного равновесия и процессов в почвах. Изучен фракционный состав кислотно-основных систем, проведена оценка кинетики кислотно-основных реакций в почвах и депонирующей способности почв в условиях кислотно-основного равновесия. Отмечено изменение суспензионного эффекта почв при разных pH, дана характеристика буферной емкости почв в разных интервалах pH. Проведена оценка динамики массопереноса удобрений в почве, влияние на

изменение кислотно-основного состояния в ландшафте, в катене, по профилю почв, в разных гранях и слоях структурных отдельностей, изменение свойств почв при чередовании их увлажнения, дана оценка почвенных газов и изменение кислотно-основного состояния почв под влиянием растительного покрова и водорастворимых продуктов миграции разлагающихся растительных остатков.

В главах 6–7 изложены экспериментальные результаты автора по интегральной оценке окислительно-восстановительного состояния почв, окислительно-восстановительной буферной емкости почв, кинетике окислительно-восстановительных реакций в почвах, окислительно-восстановительных процессах в почвах. Представлены данные по динамике изменения окислительно-восстановительного состояния почв при действии разных факторо, изменение окислительно-восстановительного состояния почв в прикорневой зоне растений, изменение подвижности биофильных элементов и токсикантов в почвах в зависимости от Eh среды, представлены взаимосвязи окислительно-восстановительного состояния почв, структуры, гумусового состояния, процессов миграции и трансформации соединений ионов в почвах. Дана оценка изменения окислительно-восстановительного состояния почв при их оглеении, изменение окислительно-восстановительного состояния почв при развитии подзолообразовательного и дернового процессов, изменение окислительно-восстановительного состояния почв в катене, по горизонтам почвенного профиля, что имеет важное значение при рассмотрении вопросов агропочвоведения.

В главе 8 дана информационно-энергетическая и интегральная оценка килотно-основного и окислительно-восстановительного состояния в системе почва-растение. Показано изменение содержания подвижных и водорастворимых соединений ионов в зависимости от pH и Eh среды, влияние pH и Eh среды на содержание в почвах заряженных частиц, дана энергетическая оценка окислительно-восстановительного и кислотно-основного состояния почв по параметрам, оцениваемым методом газоразрядной визуализации. Важным является информационная,

интегральная, агроэкологияесчкая и экономическая оценка кислотно-основного и окислительно-восстановительного состояния почв для характеристики оптимального состояния почв и вососкокачественного урожая сельскохозяйственных культур.

В главе 9 представлены приемы управления кислотно-основным и окислительно-восстановительным состоянием почв, дана оценка известкования почв с использованием методов, основанных на принципах обратной связи, оптимизация кислотно-основного состояния почв с использованием органических удобрений, оценка влияния влажности на эффективность известкования почв, влияние на эффективность известкования степени гидроморфности почв, развития в них анаэробных условий. Представлены приемы повышения эффективности известкования почв за счет совместного внесения $CaCO_3$ и органических соединений, обладающих комплексообразующей способностью, характеристика эффективности известкования за счет повышения интенсивности развития дернового процесса почвообразования и уменьшения интенсивности развития оподзаливания почв и оглеения.

В заключительной части работы обобщены результаты проведённых исследований, сформулированы основные выводы и практические рекомендации для сельскохозяйственного производства. Автором разработана комплексная система методов, существенно расширяющая возможности оценки кислотно-основного и окислительно-восстановительного (ОВ) состояния почв. Данная система учитывает не только базовые химические и физико-химические параметры (pH, Eh, содержание органического вещества, катионно-обменную ёмкость), но и динамические процессы — трансформацию, миграцию и аккумуляцию вещества и энергии в почвенном профиле.

Ключевым элементом предложенной системы является интеграция статических и динамических показателей: наряду с традиционными измерениями pH и Eh в фиксированных точках, в методику включены

кинетические параметры (скорость изменения Eh и pH при заданных условиях увлажнения и температуры), буферные характеристики (буферность и буферная ёмкость по H^+, а также ОВ-буферная ёмкость), а также показатели, отражающие зарядовое состояние среды (содержание положительно и отрицательно заряженных соединений и аэроионов, соотношение оксидантов и антиоксидантов). Такой подход позволяет характеризовать не только текущее состояние почв, но и их реакционную способность и устойчивость к внешним воздействиям.

Важной составляющей системы является применение математических моделей для описания взаимосвязей между параметрами. Кроме того, для визуализации и анализа многомерных зависимостей рекомендовано применение трёхмерных графических моделей, позволяющих одновременно учитывать влияние pH, Eh и дополнительного фактора (например, влажности или температуры) на целевые свойства почв. На основе полученных данных сформулирован ряд практических рекомендаций, отличающихся технологической реализуемостью и адаптированностью к условиям реального сельскохозяйственного производства:

Для регулирования ОВ-состояния почв рекомендовано применение специализированных регуляторов, а также комплексонов органических лигандов с заданной константой устойчивости, обеспечивающих контролируемую мобилизацию или иммобилизацию катионов Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{n+}, Mn^{2+}, Al^{3+} в зависимости от текущих условий.

В качестве экономически и экологически обоснованного решения предложено использование гуматов, полученных из отходов сельскохозяйственного производства, с заранее заданными функциональными свойствами (буферной ёмкостью, комплексообразующей способностью).

Для оптимизации минерального питания в условиях неблагоприятных кислотно-основных и окислительно-восстановительных режимов рекомендовано внесение биофильных элементов и проведение некорневых

подкормок, учитывающих эффекты синергизма и антагонизма при поглощении ионов корнями растений.

С целью управления процессами почвообразования (в том числе дернового процесса и оглеения) предложены конкретные агротехнические приёмы, позволяющие регулировать скорость и интенсивность этих процессов в зависимости от типа почвы, рельефа и водного режима.

Практическая значимость рекомендаций подтверждена результатами полевых опытов на дерново-подзолистых почвах и обыкновенных чернозёмах. Так, применение органических удобрений с высокой комплексообразующей способностью позволило достичь урожайности пшеницы 90 ц/га в Краснодарском крае и 50 ц/га в Московской области, что свидетельствует о высокой эффективности предложенных подходов в различных природно-климатических условиях.

Разработанные методы и рекомендации внедрены в производственную практику ряда сельскохозяйственных предприятий, а также используются в системе агрохимического мониторинга для диагностики направленности изменений свойств почв и прогнозирования динамики плодородия. Внедрение системы позволило повысить точность планирования мелиоративных и удобрительных мероприятий, снизить экономические затраты на неэффективные агрозатраты и уменьшить экологическую нагрузку на агроландшафты за счёт более рационального использования мелиорантов и удобрений.

Материалы диссертационной работы имеют существенное научное и прикладное значение. С научной точки зрения они развивают теоретические представления о редокс-регуляции почвенных процессов, расширяют методологическую базу агропочвоведения и агрохимии, предлагая новые подходы к интегральной оценке состояния почв. С практической точки зрения разработанная система служит инструментом для диагностики и управления плодородием, позволяя своевременно выявлять неблагоприятные тенденции и принимать обоснованные управленческие решения. Полученные

результаты могут быть использованы при разработке региональных систем земледелия, составлении электронных почвенных карт, планировании дифференцированного внесения мелиорантов и удобрений, а также в образовательных программах по почвоведению, агрохимии и точному земледелию.

По материалам диссертационной работы опубликовано 78 научных трудов, в том числе: 25 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ по научной специальности, 22 статьи в других журналах из перечня ВАК, 9 статей в изданиях, индексируемых в РИНЦ, 18 статей в материалах конференций и 4 монографии. Основные результаты диссертации в достаточном объёме опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях.

Соответствие автореферата содержанию диссертации

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационного исследования, его актуальность, новизну и значимость полученных результатов. Сформулированные в автореферате положения отражают целостность и завершённость проведённого исследования.

Замечания по работе.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Автором представлена обширная информация по влиянию на окислительно-восстановительный потенциал переувлажнения и наличия органического вещества. Однако органика сама потребляет кислород при разложении, дополнительно создавая восстановительные условия. Как диссертант оценивает такие сложные окислительно-восстановительные процессы в такой сложной почвенной системе, какие для этого необходимо создавать оптимальные условия?

2. В почвах с очень низким содержанием оксидов железа визуальные признаки оглеения могут быть слабо выражены, даже если восстановительные процессы протекают интенсивно. Требует уточнения как

по мнению автора диагностика окислительно-восстановительного состояния почв может стать объективным маркером таких процессов оглеения.

3. Одним из методов оценки агрегативной устойчивости дисперсных систем, к которым относится почва, является оценка электрокинетического потенциала, о котором упоминает автор. Как, по мнению автора, электрокинетический потенциал может изменяться в условиях смещения кислотно-основного и окислительно-восстановительного состояния системы, можно ли его применять для диагностики плодородия почв.

Высказанные замечания носят рекомендательный и уточняющий характер, не затрагивают концептуальных положений и итоговых выводов диссертационного исследования и не влияют на его научную и практическую значимость.

Заключение:

Диссертационное исследование Гукалова Виктора Владимировича на тему «Диагностика направленности изменений свойств почв и управление плодородием на основе окислительно-восстановительного состояния основных типов почв Европейской части России» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной проблемы диагностики направленности изменений свойств почв Европейской части России на основе окислительно-восстановительного состояния и управление плодородием, имеющей важное значение для агропромышленного комплекса Российской Федерации.

Диссертационное исследование в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук, согласно п. 2.1 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утвержденного Ученым советом РУДН 22 января 2024 г., протокол № УС-1, а ее автор

Гукалов Виктор Владимирович заслуживает присуждения ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 4.1.3. «Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений».

Официальный оппонент:
доктор сельскохозяйственных наук,
член-корреспондент РАН Подколзин О.А.

17.11.2026 г.

подпись заверяю Шевцова П.Н

Краснодарский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Агрохимическая служба России»,
Почтовый адрес: 350012, г. Краснодар, ул. Красных Партизан, дом 4Д,
Подколзин Олег Анатольевич, д.с.-х.н. (06.01.04 – агрохимия), член-корреспондент РАН, директор Краснодарского филиала ФГБУ «РосАгрохимслужба»
тел. +7 (861) 222-25-27 e-mail: krasnodar@rosah.ru