

**ОТЗЫВ официального оппонента  
на диссертацию на соискание ученой степени  
доктора биологических наук  
Гаевой Эммы Анатольевны на  
тему «Сохранение и воспроизводство плодородия эродированных  
черноземов Северного Приазовья»  
по специальности  
1.5.19. Почвоведение (биологические науки)**

**Актуальность темы диссертационного исследования.** Три четверти почвенно-земельных ресурсов подвержены различным деградационным процессам, и к 2050 году этот показатель может составить 90 % от общего земельного фонда планеты (Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)», 2019). Особенно интенсивно процессы деградации (агроистощение, эрозия и др.) протекают на землях сельскохозяйственного назначения. К числу регионов Российской Федерации, где деградация почв имеет значительные масштабы, к сожалению, относится Ростовская область. Так, в Ростовской области более 48,9 % пашни ежегодно подвергается водной эрозии, а площадь смытых почв в регионе составляет около 295,7 тыс. га. Ежегодные потери питательных веществ в пахотных почвах Ростовской области, вследствие смыва, составляют: азота 54 тыс. т, фосфора – 70 тыс. т и калия – 524 тыс. т, что превышает их количество, внесённое с удобрениями («Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2020 году», 2022). В это связи, разработка и исследование севооборотов с высокими почвозащитными (прежде всего, - противоэрозионными) свойствами и продуктивностью, близкой к продуктивности полевых севооборотов на плакоре, является насущной научно-практической задачей не только для Ростовской области, но и для всего сельскохозяйственного Юга России. Таким образом, актуальность диссертационного исследования Гаевой Эммы Анатольевны, посвященного изучению проблемы сохранения и

воспроизводства плодородия эродированных черноземов Северного Приазовья, не вызывает никаких сомнений.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации** подтверждается большим объемом полевых данных, корректностью методологии проведенных исследований и репрезентативностью использованных методов. Выводы хорошо аргументированы и четко сформулированы.

В основе диссертационной работы лежат оригинальные материалы, полученные при непосредственном участии автора в период с 2007 по 2022 гг. Автором была разработана структура диссертационной работы, проведен анализ экспериментального материала, выполнена статистическая обработка полученных результатов, осуществлён расчёт экономической и биоэнергетической эффективности, обобщен экспериментальный материал в виде диссертационной работы.

Диссертационная работа выполнена на междисциплинарном уровне, охватывающем целый спектр научных дисциплин, таких как почвоведение, земледелие, растениеводство, агрохимия, экология.

Основные положения диссертации прошли обсуждение на различных международных конференциях. К числу подобных конференций можно отнести «Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур» (Горки, 2018); «Адаптивно ландшафтное земледелие: вызовы XXI века» (Курск, 2018); «Почвы в биосфере» (Томск, 2018); «Современное состояние чернозёмов» (Ростов-на-Дону, 2019; 2023); «Международные Бочкаревские чтения» (Рязань, 2019); «Проблемы современной аграрной науки» и «Проблемы плодородия почв в современном земледелии» (Красноярск, 2020, 2024); «Фундаментальные концепции физики почв: развитие, современные приложения и перспективы» (Москва, 2024); «International online conference on environmental transformation and sustainable development in Asian region, Entransasia 2020» (Irkutsk, 2020); International scientific Conference (Курск, 2021); «International Conference on World

Technological Trends in Agribusiness» (Omsk, 2020), а также VIII (Сыктывкар, 2021) и IX (Казань, 2024) съезды Общества почвоведов им. В.В. Докучаева. По теме диссертации опубликована 171 работа, общим объемом 93,2 п.л. (личный вклад автора 60,2 п.л.), 8 из них – статьи в журналах, входящих в базы данных международных индексов научного цитирования Scopus и Web of Science, 2 – статьи, входящие в базу данных Russian Science Citation Index (RSCI), 28 – в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК РФ; 8 монографий и глав монографий, 12 методических рекомендаций производству, а также 2 патента (в соавторстве).

**Научная новизна и практическая значимость работы** заключается в том, что диссертантом была впервые рассмотрена на черноземах обыкновенных Ростовской области экологическая роль севооборотов различной эрозионной устойчивости, систем обработки почвы и удобрений в регулировании водного и пищевого режимов, определены основные показатели изменения плодородия почвы и продуктивности культур при систематическом внесении минеральных и органических удобрений, расширены и углублены знания о водном и пищевом режиме почвы, рассчитан баланс гумуса, элементов питания в севообороте при различных системах удобрения и их эколого-экономическая эффективность. Также Э.А. Гаевой впервые удалось изучить на обыкновенных черноземах на эрозионно-опасном склоне крутизной 3,5-4° эффективность почвозащитного комплекса в длительном полевом опыте: был проведен анализ процессов эрозии в севооборотах различной конструкции, расположенных на склоне, за длительный период, определены потери основных элементов питания в результате процессов деградации. Впервые было показано, что метод обработки большого массива данных с помощью автоматизированных нейросетевых моделей позволяет делать прогноз динамики процессов эрозии, содержания гумуса, подвижного фосфора и обменного калия на склоновых землях. Впервые были экспериментально установлены сочетания агрономических и экологических факторов, позволяющих наиболее

эффективно применять контурно-полостную систему, а также на основе разработанных технологических элементов – севооборотных, почвозащитных, агрохимических – создать целостную в организационном, агрономическом и экологическом плане ландшафтную систему земледелия. Наконец, на основании анализа главных компонент впервые были выделены интегральные факторы, вносящие наибольший вклад в дисперсию, и разработана модель параметров почвенного плодородия для чернозема обыкновенного, что позволяет с большей точностью прогнозировать урожайность озимой пшеницы; впервые были теоретически обоснованы процессы структурообразования в черноземах обыкновенных, показана их роль в предотвращении водной эрозии.

Практическая значимость работы заключается в разработке приёмов сохранения и воспроизводства плодородия чернозема обыкновенного среднеэродированного на склоне крутизной 3,5-4,0° в севооборотах различной конструкции: для сокращения процессов эрозии использовать контурно-полосную организацию территории с простейшими гидротехническими сооружениями, почвозащитные севообороты с 20-40 % многолетних трав, чизельную обработку почвы и удобрения в дозе 5 т навоза и  $N_{46}P_{30}K_{30}$ , при отсутствии навоза увеличить дозу минеральных удобрений до  $N_{84}P_{48}K_{48}$  и долю многолетних трав до 40%, что позволит до минимума сократить экологические осложнения.

**Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций.** Достоверность научных положений и выводов обеспечена большим объемом натуральных исследований, собранным и проанализированным материалом, использованием классических и современных методик определения свойств эродированных почв и их статистической обработкой. В диссертационной работе Э.А. Гаевой представлен подробный анализ публикаций зарубежных и отечественных авторов, уделено особое внимание изучению масштабов распространения эрозии почв и способах её устранения.

**Объем и структура диссертации.** Материал диссертационной работы изложен на 419-ти страницах, включает 70 рисунков и 87 таблиц. Список литературы состоит из 390-та наименований, из них 102 - на иностранных языках. Диссертация состоит из введения, 10-ти глав, заключения, предложений производству, списка терминов, списка литературы, включающего 390 наименований (из них 102 – на иностранных языках) и приложений.

**Первая глава** диссертации посвящена обзору литературы о масштабах распространения эрозии почв и способах ее устранения. Рассмотрены также - роль севооборотов и приемов обработки почвы в процессах развития деградации и воспроизводстве плодородия. Приводятся данные о влиянии процессов деградации почвы на агрофизические свойства. Рассматривается роль корневых систем в предотвращении процессов эрозии. Анализируются масштабы изменения плодородия почвы в результате процессов её деградации. Представлен анализ урожайности сельскохозяйственных культур в условиях эрозионно-опасного склона.

Условия, объекты, схема проведения опытов и методика исследований изложены **во второй главе** диссертационной работы. Автор здесь приводит характеристику почвенно-климатических и геоморфологических условий мест проведения исследований. Указанные исследования осуществлялись в 1990-2022 гг. в длительном полевом эксперименте по изучению севооборотов, приемов обработки почвы и уровней применения удобрений на эрозионно-опасном склоне юго-восточной экспозиции крутизной до 3,5-4° балки Большой Лог Аксайского района Ростовской области. Опыт зарегистрирован в Российской Географической сети длительных опытов с удобрениями (аттестат № 169). Почвенный покров участка представлен черноземом обыкновенным карбонатным среднеэродированным среднemosным малогумусным тяжелосуглинистым на лессовидном суглинке (Классификация почв СССР, 1977). Среднегодовой сток составляет 20 мм (максимальный - 34,4 мм), среднегодовой смыв почвы - 18,5 т/га (максимальный – 42 т/га). Были

использованы три севооборота с различным соотношением эрозионно-устойчивых и неустойчивых культур. Исследования на опыте проводили по двум вариантам обработки почвы в севооборотах: почвозащитная (чизельная) и отвальная (контроль). Использовали два уровня применения удобрений, за контроль был принят вариант естественного плодородия – «0»; «1» – первый уровень применения удобрений (средний) – 5 т навоза + N46P30K30 (106 кг д.в. на 1 га севооборотной площади); «2» – второй уровень применения удобрений (высокий) – 8 т навоза + N84P48K48 (180 кг. д.в. на 1 га севооборотной площади). С 2006 года доза фосфора в минеральном удобрении уменьшена на 18–38 % с целью предупреждения «зафосфачивания» («1» – P24, «2» – P30). С 2013 года из системы внесения удобрений исключен навоз. С 2020 года были восстановлены дозы внесения фосфорных удобрений.

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием Microsoft Excel и программы Statistica 13.3 (StatSoft, Inc. STATISTICA, 2020). Для уменьшения размерности данных был использован анализ главных компонент (PCA), позволяющих описывать объекты меньшим числом обобщенных показателей – главными компонентами (ГК). Анализ проведен на основе корреляционной матрицы с использованием программного обеспечения (StatSoft, Inc. STATISTICA, 2020). Составление долгосрочных моделей прогноза было осуществлено с помощью нейросетевых моделей с использованием программы STATISTICA (2020) – автоматизированные нейронные сети (АНС). Тип сети при использовании АНС – многослойный персептрон (MLP).

**Третья глава** диссертации посвящена оценке влияния агротехнических приемов на эрозионные процессы в системе контурно-полосной организации территории. Автором было установлено, что на склоне крутизной 3,5–4° выявлена тесная зависимость ( $R^2=0,78-0,89$ ) между стоком талых и ливневых вод и смывом почвы. При увеличении стока воды на 1 мм увеличивается смыв почвы на 0,11-0,27 т/га. Контурно-полосная организация территории склона, в зависимости от доли многолетних трав в севообороте, позволяет сократить

сток талой и ливневой воды на 33,9-56,3 %, смыв почвы на 35,0-52,5 %. Применение почвозащитной (чизельной) обработки сокращает сток воды на 20,0-23,9 %, смыв – на 13,0-20,6 %. Долгосрочный прогноз с использованием автоматизированной нейронной сети при сохранении существующих условий, выявил общую тенденцию затухания процессов эрозии на склонах означенной крутизны с различной степенью интенсивности, в зависимости от конструкции почвозащитных севооборотов и приемов обработки почвы.

**Четвертая глава** диссертационной работы содержит прогноз развития процессов деградации на эрозионно-опасных склонах черноземов обыкновенных среднеэродированных. Составленный прогноз с использованием АНС выявил общую тенденцию затухания процессов эрозии на склонах крутизной 3,5-4°, но интенсивность затухания различна. Использование севооборотов с различной долей многолетних трав от 20 до 40 % в структуре посевных площадей сокращает сток талых и ливневых вод на 22,9-24,9 %, а в отдельных случаях – полностью. Также полученный прогноз (применением АНС) обнаружил общую тенденцию сокращения смыва почвы в зернопаропропашном севообороте до 10,8 т/га, введение в севообороты от 20 до 40 % многолетних трав позволяет сократить смыв почвы на 34,2-49,0 % (7,1 т/га и 5,5 т/га), а в отдельные годы полностью. Применение почвозащитной обработки сокращает смыв почвы на 41,5 %. Если тренд в изменении климатических условий в течение длительного периода лет меняться не будет, и технологии возделывания сельскохозяйственных культур останутся неизменными, то можно предположить, что процессы деградации будут менее интенсивными.

В **пятой главе** содержится характеристика факторов, влияющих на развитие эрозионных процессов в исследуемых почвах. В частности, здесь отражена динамика агрофизических показателей и водостойчивых свойств в зависимости от предшественников, от агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур. Здесь рассматривается изменение агрофизических показателей чернозема обыкновенного в результате

проявления процессов деградации, методом главных компонент проводится анализ агрофизических показателей и водоустойчивых агрегатов. Отдельные разделы этой главы посвящены оценке изменения плотности, водного режима и водопроницаемости чернозема обыкновенного. Автором диссертации изучаются также - динамика накопления снега на склонах, влияние ливней на развитие эрозионных процессов, гребнистость почвы и противоэрозионная устойчивость корневых систем.

**Шестая глава** посвящена оценке влияния агротехнических приемов на показатели плодородия изучаемого эродированного чернозема в системе контурно-полосной организации территории. Так, автор диссертации исследует динамику гумуса (в том числе, в агрегатах различной размерности), минерального азота, подвижного фосфора, обменного калия в длительном опыте в зависимости от конструкции севооборотов и удобрений, агротехнологии возделывания. Исследуется также динамика водородного показателя.

В **седьмой главе** приводится прогноз динамики содержания гумуса и основных элементов питания на эрозионно-опасных склонах черноземов обыкновенных. Так, прогноз динамики гумуса, составленный с использованием автоматизированных нейронных сетей, подтверждает тенденцию потери гумуса без внесения удобрений в последующие сто лет. Использование почвозащитной обработки сокращает потери гумуса на 6,2-32,0 % (относительных), за счет снижения процессов деградации. Интенсивность баланса гумуса увеличивается по мере роста доли многолетних трав и доз внесения удобрений. Исключение из системы удобрений навоза приводит во всех севооборотах к снижению интенсивности баланса гумуса, которая оценивается в таких условиях, как «неудовлетворительная»

**Восьмая глава** отражает баланс гумуса и основных элементов питания в исследуемых чернозёмах в ходе длительного опыта. Диссертанту удалось показать, что интенсивность баланса гумуса увеличивается по мере роста доли многолетних трав и доз внесения удобрений. Исключение из системы

удобрений навоза приводит во всех севооборотах к снижению интенсивности баланса гумуса, которая оценивается в таких условиях, как «неудовлетворительная». Также расчет интенсивности баланса показал возможность устранения дефицита элементов питания за счет внесения органоминеральных удобрений, сохранения и повышения плодородия в севооборотах – при внесении повышенных доз удобрений (навоз КРС 8 т/га +  $N_{84}P_{48}K_{48}$ ). Наибольший объем вовлеченных в оборот элементов питания, характеризуемый емкостью баланса, был отмечен в севооборотах с 20 и 40 % многолетних трав.

В девятой главе представлены закономерности формирования продуктивности сельскохозяйственных культур в длительном опыте на черноземах обыкновенных среднеэродированных. В частности, на основании анализа главных компонент (ГК) Э.А. Гаевой было выделено девять интегральных факторов, оказывающих наибольшее влияние на урожайность озимой пшеницы. С учетом вклада выделенных факторов построена модель параметров почвенного плодородия для чернозема обыкновенного. Анализ агрофизических и агрохимических показателей черноземов обыкновенных в пространстве главных компонент позволил выделить четыре ГК, характеризующие обратную зависимость агрофизических показателей и влажности почвы, взаимосвязь агрофизических и агрохимических свойств, связь между смывом почвы и гребнистостью поверхности, запасов воды в снеге с водопроницаемостью, зависимость плотности почвы и доли агрегатов размером 0,25-7 мм.

Десятая глава диссертации содержит эколого-экономическую и биоэнергетическую оценку приемов повышения плодородия почвы и продуктивности севооборотов различных конструкций, размещенных на эрозионно-опасных склонах. Диссертантом показано, что наиболее высокая биоэнергетическая оценка и эколого-экономический эффект были получены в севообороте с долей многолетних трав 20 %, что обусловлено экономией средств, используемых на восстановление почвенного плодородия, высокими

рентабельностью производства (148-154 %) и окупаемостью затрат произведенной продукцией на 2,48-2,54 руб./руб.

В заключении работы приводятся выводы, содержащие основные результаты диссертационного исследования. В целом, выводы сформулированы достаточно корректно и отражают содержание диссертационной работы.

Среди предложений производству следует выделить рекомендацию для сокращения процессов эрозии на склонах крутизной 3,5-4,0° до безопасных пределов в качестве основной обработки почвы применять почвозащитную – чизельную обработку в системе контурно-ландшафтной организации территории с полосным размещением культур и зерно-травяно-пропашные севообороты с 20-40 % многолетних трав.

Приложения А (Таблицы), Б (Акты о внедрении в производство научных результатов) и В (Патенты) свидетельствует о большом объеме выполненной работы и достоверности полученных результатов.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

#### **Замечания к диссертационному исследованию.**

1. Прогноз смыва изучаемых чернозёмных почв Аксайского района Ростовской области автор осуществляет при помощи автоматизированных нейронных сетей (АНС). Между тем, в эрозиоведении давно и успешно применяются различные модели и методы прогнозирования потерь почвы от эрозии - USLE, RUSLE, RUSLE-2, WEPP, EUROSE, CREAMS, EPIC, ВНИИЗиЗПЭ и др. Автор не объясняет, почему в данной диссертационной работе приоритет отдаётся АНС, а не традиционным моделям.

Кроме того, в научных исследованиях и природоохранной практике в последние десятилетия активно используются пятибалльные шкалы оценки деградации почв и земель («Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель», 1994; «Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель», 1996), где детально отражаются конкретные показатели деградации – уменьшение запасов гумуса, уменьшение

содержания подвижного фосфора, обменного калия, потери почвенной массы, увеличение площади средне- и сильноэродированных почв и др. К сожалению, автор диссертации не пользуется этими наработками.

2. В соответствии с «Классификацией и диагностикой почв СССР» (1977) чернозёмы по степени эродированности подразделяются на слабосмытые, среднесмытые и сильносмытые. Диссертант называет объекты своего исследования чернозёмами среднеэродированными. Вероятно, речь идет о среднесмытых почвах?

Кроме того, в диссертации приводятся названия почв и в соответствии с «Классификацией и диагностикой почв СССР» (1977), и в соответствии с «Классификацией и диагностикой почв России» (2004), и в соответствии с международной классификацией WRB (World Reference Base for Soil Resources, 2014), а в автореферате – только в соответствии с советской классификацией и WRB, что не совсем понятно.

3. Как известно, смытые почвы никогда не лежат сплошными полосами поперек склонов, как это часто схематически изображается. На самом деле, они залегают комплексами. Среди слабосмытых и даже среднесмытых почв встречаются несмытые, которые залегают на микроводоразделах между основными линиями стока. Автор диссертации не приводит информацию о структуре почвенного покрова эрозионно-опасного склона юго-восточной экспозиции крутизной до 3,5-4° балки Большой Лог, полагая, что этот склон занят только среднесмытыми почвами.

4. В главе 6 диссертационной работы (в разделе «Изменение плотности чернозема обыкновенного») отмечается, что плотность сложения пахотного слоя почвы при всех изучаемых системах обработки находится в оптимальных пределах для возделывания сельскохозяйственных культур - менее 1,3 г/см<sup>3</sup> (стр. 122 диссертации, стр. 20 автореферата). Вероятно, оптимальным должен считаться диапазон значений плотности, т.е. нужно указывать не только верхнюю, но еще и нижнюю границу диапазона (для суглинистых почв это, обычно, – 1,0-1,1 г/см<sup>3</sup>).

5. В автореферате и диссертации встречаются досадные неточности, пунктуационные ошибки. В частности, диссертант указывает, что диссертационная работа включает в себя 5 глав (стр. 14 диссертации, стр. 8 автореферата), однако в реальности глав – 10. Или, например, в предложении «Фосфорный режим почвы, также наиболее важен для питания растений» (стр. 25 автореферата) запятая не нужна.

6. Наверное, для читателя было бы удобнее знакомиться с текстом диссертации, если бы каждая глава содержала заключение (особенно, это относится к тем главам, где представлены результаты исследований). Да и в целом раздел «Заключение» в конце диссертационной работы не просто бы состоял из пронумерованных выводов, а содержал квинтэссенцию докторского исследования.

**Общее заключение.** Вместе с тем, представленные замечания не снижают значимости диссертационного исследования и положительного впечатления от работы. Диссертационная работа написана грамотным научным языком, хорошо иллюстрирована. Материал представлен в логической последовательности, стиль изложения и оформление соответствуют уровню требований, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук. Полученные результаты, сделанные выводы и сформулированные положения научно обоснованы, достоверны, подтверждены значительным натурным и аналитическим материалом, имеют существенную научную значимость и большую практическую ценность. Работа вносит существенный вклад в познание экологической роли севооборотов различной эрозионной устойчивости для черноземов обыкновенных Северного Приазовья.

Поставленные задачи решены, цель исследования достигнута, работа прошла успешную апробацию на многих международных конференциях.

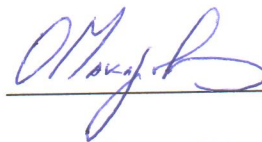
Таким образом, по своей актуальности, современным методам исследования, объему фактического материала и качеству его анализа и обработки, научной новизне и практической значимости диссертационная работа и автореферат отвечают требованиям «Положения о присуждении

ученых степеней в ЮФУ» (№66-ОД от 29.03.2024 г.), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Гаева Эмма Анатольевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.19. Почвоведение (биологические науки).

Официальный оппонент:  
доктор биологических наук, профессор

заведующий кафедрой эрозии и охраны почв факультета почвоведения  
ФГБОУ ВО Московского государственного университета имени  
М.В.Ломоносова

МАКАРОВ Олег Анатольевич



«10» октября 2025 г.

Контактные данные:

тел.: 7 (903) 708 88-43, e-mail: oa\_makarov@mail.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация:

03.00.16, 03.00.27 Биологические науки (экология, почвоведение)

Адрес места работы:

119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12 Федеральное  
государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования Московский государственный университет имени М.В.  
Ломоносова, факультет почвоведения, кафедра эрозии и охраны почв

Тел.: 7 (903) 708 88-43, e-mail: oa\_makarov@mail.ru.

Подпись сотрудника ФГБОУ ВО Московского государственного  
университета имени М.В. Ломоносова О.А. Макарова удостоверяю:

