

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Васбиевой Марины Тагирьяновны «Агрогенная трансформация плодородия дерново-подзолистых почв Предуралья», представленную в диссертационный совет 24.1.006.01 на базе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 4.1.3 Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

**Актуальность исследований.** Сокращение использования удобрений, известкования почв, не соблюдение севооборотов, изменение технологий возделывания сельскохозяйственных культур привело в последнее время к ухудшению плодородия почв Нечерноземной зоны. Особенно это заметно на дерново-подзолистых почвах, с низким содержанием органического вещества, элементов минерального питания, кислой реакцией среды и промывным водным режимом. Дерново-подзолистые почвы в Предуралье занимают большую часть площади пашни. Недостаток внимания к сохранению или повышению их плодородия снижает и без того невысокий потенциал продуктивности данных почв. Длительным полевым опытам с удобрениями принадлежит на сегодняшний день ведущая роль в решении проблем изучения закономерностей и направленности изменения плодородия пахотных почв и урожайности сельскохозяйственных культур. В мировой практике длительные стационарные опыты принято считать национальным достоянием страны, где они проводятся. Выполненные исследования затрагивают широкий круг вопросов – изменения режима органического вещества, азотного, фосфатного, калийного режимов, кислотности почвы, микробиологических свойств, продуктивности сельскохозяйственных культур и накопления тяжелых металлов. Исследования проведены в трёх длительных опытах. Работа носит комплексный и системный характер, что очень востребовано и актуально на сегодняшний день. Изменение свойств почвы сравнивается не только с контрольными вариантами, но и с целинным аналогом, что обеспечивает более полную оценку складывающейся ситуации и более достоверные прогнозы.

**Научная новизна** работы заключается в том, что впервые на дерново-подзолистых почвах Пермского края на основе обобщения и анализа экспериментальных данных, полученных в длительных опытах с 1969 по 2022 гг. определена эффективность многолетнего применения органической, минеральной, органоминеральной систем удобрения (выровненных по элементам питания), НРК-дефицитных систем удобрения, осадков городских сточных вод. Выявлены особенности трансформации органического вещества, общего азота, фосфора, калия и их различных соединений при длительном применении различных видов, доз и соотношения удобрений в метровом слое почвы. Определены изменения микробиологических параметров дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений. Рассчитан баланс органического углерода и элементов питания за

21-40-летний период возделывания сельскохозяйственных культур. Впервые в регионе определена углерод-секвестрирующая способность культур севооборота при различных системах удобрения и углеродпротекторная емкость пахотных дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почв. Определено влияние длительного применения осадков сточных вод на накопление в почве тяжёлых металлов в метровом слое и сделана оценка их поступления в растения за ротацию семипольного полевого севооборота.

**Теоретическая и практическая значимость.** В результате проведенных исследований определена эффективность различных систем удобрения на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве Предуралья. Установлены агроэкологические последствия длительного применения органической, минеральной, органоминеральной систем удобрения (выровненных по элементам питания), NPK-дефицитных систем, осадков сточных вод. Установлено количество секвестрируемого углекислого газа из атмосферы культурами севооборота, выявлен высокий потенциал дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почв для накопления и депонирования углерода в почве. Предложены виды, дозы и сочетания минеральных и органических удобрений для сохранения и улучшения плодородия пахотных почв, обеспечения устойчивого производства растениеводческой продукции. Полученные результаты могут быть использованы для составления проектов применения удобрений при направленном регулировании плодородия почв. Полученные новые знания могут быть использованы в образовательном процессе студентов высших и средних специальных учебных заведений.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов, сформулированных в диссертации.** Научные положения, выносимые на защиту, соответствуют поставленной цели и задачам исследований и обоснованы результатами, полученными в полевых опытах и лабораторных исследованиях. Выводы обоснованы и сделаны на основе данных трех длительных полевых опытов Геосети (1969-2022 гг.), сравнения целинных и пахотных почв. Полученный экспериментальный материал позволил выявить характер, направленность трансформации режима органического вещества и основных элементов питания, физико-химических и биологических свойств дерново-подзолистой почвы по профилю (0-100 см) при длительном экстенсивном возделывании сельскохозяйственных культур (35-50 лет) в сравнении с целинным аналогом. Определить закономерности изменения параметров почвенного плодородия по профилю и во времени в результате длительного применения различных систем удобрения. Оценить изменения в составе и структуре микробоценоза дерново-подзолистой почвы. Выявить количественные параметры аккумуляции углекислого газа из атмосферы культурами севооборота, рассчитать почвенную секвестрацию углерода при использовании различных систем удобрения и углеродпротекторную ёмкость пахотных дерново-подзолистых почв. Оценить продуктивность полевых культур парозернопропашного, парозернотравяного севооборотов при длительном использовании различных

систем удобрения и её зависимость от изученных параметров плодородия почвы. Рассчитать баланс органического углерода и элементов питания при различных системах удобрения в полевых севооборотах за три-пять ротаций. Выявить изменения содержания тяжёлых металлов в почве и растительной продукции в результате длительного экстенсивного возделывания сельскохозяйственных культур и применении удобрений.

Исследования проведены на высоком методическом уровне с соблюдением действующих методических указаний и нормативов. Достоверность исследований подтверждена математическим и статистическим анализом экспериментальных данных. Работа прошла апробацию на различных научно-практических конференциях, по результатам исследований опубликовано 27 работ в рецензируемых научных журналах.

#### **Краткая характеристика основного содержания диссертации.**

Диссертационная работа изложена на 437 страницах печатного текста. Состоит из введения, 10 глав, заключения, списка литературы. Работа включает 125 таблиц, 41 рисунок и 20 приложений.

**Глава 1** содержит обзор литературы, в котором обобщены результаты исследований российских и зарубежных ученых по вопросам влияния длительного экстенсивного сельскохозяйственного использования пашни и применения удобрений на изменение параметров плодородия почвы. Показано влияние различных систем удобрения на продуктивность полевых культур. Рассмотрены экологические аспекты применения удобрений.

Всего проанализировано и использовано 612 источников, в том числе 107 иностранных.

В **главе 2** «Условия и методика проведения исследований» представлена подробная характеристика закладки и условий проведения трех длительных опытов (годы закладки 1969 г., 1976 г. и 1978 г.), целинного аналога, расположенного на злаково-разнотравном лугу и бессменного чистого пара. Дано описание исследуемых почв, погодных условий вегетационных периодов в годы проведения исследований. Представлен перечень ГОСТов и методик проведения исследований.

В **главе 3** экспериментальной части представлены результаты по изменению содержания и запасов в дерново-подзолистой почве органического углерода: показана временная динамика по ротациям севооборотов; выявлены изменения запасов в метровом слое. Определены закономерности трансформации режима органического вещества при длительном экстенсивном возделывании полевых культур (без удобрений), бессменном паровании почвы и применении различных систем удобрения. Проведена оценка аккумуляции атмосферного углерода полевыми культурами, рассчитана углеродпротекторная емкость почвы. Установлено, что пахотные дерново-подзолистые тяжелосуглинистые почвы обладают высоким потенциалом для секвестрации атмосферного углерода, его накопления и депонирования в почве. По результатам исследований

максимальная почвенная секвестрация  $\text{CO}_2$  и депонирование углерода в почве происходили при использовании навоза 20 т/га в год и экв. количества NPK, применении ОСВ по фону NPK. Эти результаты могут послужить базой данных и научной основой для разработки современных регенеративных систем земледелия. Получены также в условиях различного землепользования данные по элементному составу и структуре гуминовых кислот дерново-подзолистой почвы.

**Глава 4** посвящена изменению при длительном сельскохозяйственном использовании пашни азотного режима дерново-подзолистой почвы. Представлены данные по общему содержанию (запасов) азота и его различных форм в целинной почве, бессменном чистом пару, под различными культурами севооборота (клевер луговой 2 г.п., ячмень, картофель, овёс), при использовании различных систем удобрения в трёх полевых опытах. Длительное возделывание сельскохозяйственных культур в севообороте без удобрений привело к уменьшению в верхнем слое почвы (0-20 см) содержания общего азота на 18-23 %, снижению степени обогащённости органического вещества азотом. Отмечено также повышение подвижности азотного фонда почвы в метровом слое. Изменения в содержании общего азота и его негидролизуемых соединений при длительном внесении удобрений отмечены в основном в верхнем слое 0-40 см, минеральных и легкогидролизуемых соединений азота - в метровом слое. Показано, что при применении высоких доз NPK (свыше 120 кг д.в./га каждого элемента питания) происходит избыточное накопление нитратов и обменного аммония по профилю почвы, что может привести к загрязнению сопредельных сред. По данным автора поддержание содержания (запасов) общего азота в почве (0-20 см) на уровне целинного аналога (или выше) наблюдали в результате применения навоза 20 т/га в год, NPK экв. 20 т навоза, навоза 10 и 20 т/га + NPK экв. навозу, внесении  $(\text{NPK})_{90-150}$ , использовании ОСВ.

В **главе 5** показаны результаты изменения в почве в условиях различного землепользования содержания (запасов) общего фосфора, его органических, минеральных и подвижных соединений. Сравнение автором целинной и пахотной почвы (без применения удобрений) по профилю показало, что при экстенсивном возделывании сельскохозяйственных культур произошло уменьшение в слое 0-40 см на 10-35 % общих запасов фосфора, его минеральных и органических соединений, в метровом слое - почти на 20 % запасов подвижных соединений фосфора. Отмечено в метровом слое уменьшение доли подвижного фосфора от его общего количества. Выявлено, что накопление общего фосфора и его минеральных соединений при длительном внесении удобрений (относительно целинного аналога) наблюдали до глубины 60 см, органофосфатов в слое 0-40 см. При этом наибольшее закрепление фосфора из удобрений происходило в почве в слое 0-20 см. Установлено, что применение азотных удобрений и калия хлористого ( $\text{N}_{90}$ ,  $(\text{NK})_{90}$ ,  $(\text{NPK})_{90}$ ) влияло на накопление в почве



органического фосфора. Показано, что применение суперфосфата в дозе 60 кг д.в./га, органических (навоз 10 и 20 т/га в год) удобрений и их сочетание (навоз + NPK, ОСВ+NPK) обеспечило в почве (0-20 см) как минимум поддержание общего содержания (запасов) фосфора в почве на уровне целинного аналога или их существенный рост. Автором также изучена временная динамика подвижного фосфора по ротациям севооборотов в длительных опытах, фракционно-групповой состав минеральных фосфатов почвы.

В главе 6 показаны результаты исследований калийного режима дерново-подзолистой почвы. Изучено содержание валового калия и его необменных, подвижных и легкообменных соединений в метровом слое почвы. Сравнение автором целинной и пахотной почвы показало, что возделывание сельскохозяйственных культур без применения удобрений привело к уменьшению в почве валового содержания калия, его подвижных и легкообменных (наиболее доступных для растений) соединений. Уменьшение валового содержания калия и его запасов на 3-5 т/га произошло в верхнем слое почвы 0-20 см. Снижение содержания легкообменных и подвижных соединений калия наблюдали в метровом слое. Запасы легкообменной формы калия уменьшились в метровом слое с 180 (луг) до 68-114 кг/га. Основные потери запасов подвижной формы калия пришлись на слой 0-20 см - с 0,7 до 0,3-0,4 т/га. Установлено, что внесение только азотных и азотно-фосфорных удобрений без компенсации выноса калия в течение пяти ротаций восьмипольного полевого севооборота привело к уменьшению запасов подвижных и необменных соединений калия в почве на 15-20%. При внесении  $N_{90}$  и  $(NP)_{90}$  в пахотном слое почвы установлен минимальный уровень подвижных соединений калия (80-110 мг/кг). Наиболее положительное влияние на калийный режим почвы, а также поддержание валового содержания (запасов) калия в верхнем слое почвы (0-20 см) на уровне целинного аналога наблюдали при использовании органоминеральной системы удобрений (навоз 10 и 20 т/га + NPK экв. навозу).

В главе 7 представлены результаты по влиянию длительного применения органических и минеральных удобрений на показатели кислотности почвы, сумму обменных оснований, степень насыщенности почв основаниями, содержание обменных форм кальция и магния. Показатели изучены в динамике по ротациям и по профилю почв. Показано, что при длительном применении NPK 90 кг и выше д.в./га каждого элемента питания подкисление почвы и уменьшение  $V$  происходило в метровом слое, при использовании невысокой дозы  $(NPK)_{60}$  - в слое 0-40 см. При органической системе наблюдали улучшение физико-химических свойств почвы (в слое 0-40 см). Длительное применение ОСВ в чистом виде не оказало существенного влияния на изменение показателей кислотности почвы.

Глава 8 посвящена микробиологическим параметрам почвы. Длительное экстенсивное сельскохозяйственное использование пашни и

применение удобрений в сравнении с целинным аналогом привело к изменениям в составе и структуре основных эколого-трофических групп микроорганизмов, скорости базального и субстрат-индуцированного дыхания. В пахотной почве (севооборот, без удобрений) отмечено существенное уменьшение потенциальной азотфиксирующей активности микроорганизмов. Автором показано, что улучшение микробиологических свойств почвы наблюдали при применении органической и органоминеральной систем удобрения (навоз 10 т/га, навоз 10 и 20 т/га + NPK экв. навозу). Общая численность микроорганизмов в почве уменьшилось на 27-73 % при длительном внесении минеральных удобрений не зависимо от вида удобрения и их сочетания. Тестом на нарушение (изменение) микробного сообщества могут служить структурные параметры (частота встречаемости, доминирование, доленое участие) определенной трофической или таксономической группы микроорганизмов. В данной работе для этой роли были использованы мицелиальные бактерии – актиномицеты, вследствие лучших, по сравнению с другими прокариотами, видовой идентификацией и описанием видовой структуры сообществ. Наибольшее разнообразие актиномицетов и наиболее широкий спектр доминантов по результатам длительных опытов наблюдали при применении органоминеральной системы удобрений (навоз 5 и 10 т/га + NPK экв. навозу) и при внесении полного минерального удобрения (NPK)<sub>90</sub>.

В **главе 9** представлены результаты по влиянию удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур, продуктивность севооборотов, проведен расчет окупаемости удобрений, хозяйственного выноса 1 тонной основной продукцией культур, балансов органического углерода и элементов минерального питания за 3-5 ротаций севооборотов, КИУ элементов питания. Показано по результатам опыта 1, что применение минеральной и органоминеральной систем удобрения по влиянию на урожайность культур и продуктивность севооборота было эффективнее, чем органической. Наибольшая окупаемость 1 кг д.в. удобрений (5,3-5,4 кг з.ед) получена при внесении NPK экв. 10 т навоза, навоза 5 т/га и экв. количества NPK. Результаты исследований в опыте 2 показали, что на озимой ржи и овсе наиболее эффективным (с учетом окупаемости 1 кг д.в. NPK 1 кг основной продукции) было применение N<sub>90</sub>, на картофеле -(NPK)<sub>30-60</sub>, яровой пшенице - (NPK)<sub>60</sub>, ячмене - (NPK)<sub>30</sub>. Наибольшая окупаемость в севообороте 1 кг д.в. удобрений (8,9 кг з.ед.) получена при внесении N<sub>90</sub>. В опыте 3 использование ОСВ (насыщенность 5,7 т/га в год) обеспечило увеличение продуктивности полевого семипольного севооборота на 27 %, по фону NPK на 9 % (к фону) и по эффективности не уступило действию навоза КРС. В данной главе автором также представлен корреляционно-регрессионный анализ между урожайностью сельскохозяйственных культур и показателями плодородия почвы.

**Глава 10** посвящена оценке экологической безопасности длительного применения удобрений. Изучено валовое содержание Cd, Pb, Zn, Cu, Co, Ni и

Mn, их кислоторастворимой (1M HCL) и подвижной (ААБ рН 4,8) форм в почве, проведена оценка их поступления в растения. Максимальное влияние на содержание тяжёлых металлов в почве и растительной продукции из всех изученных систем удобрения оказало длительное применение ОСВ. Здесь выявлено увеличение в слое 0-40 см валового содержания Cd, Pb, Zn, Co, Ni и Cu, их подвижной и кислоторастворимой форм в 1,1-3,3 раза. Использование навоза КРС, ОСВ и минеральных удобрений не привело к загрязнению почвы и растительной продукции тяжелыми металлами – содержание изученных элементов было ниже установленных нормативов. ОСВ можно рассматривать как источник микроэлементов в почве. Применение ОСВ способствовало переходу почвы по обеспеченности цинком из группы «низкое содержание» в группу «среднее содержание» и медью – из группы «среднее содержание» в группу «высокое содержание». Показано, что опасно использование ОСВ по фону НРК. Автор установил, что длительное возделывание сельскохозяйственных культур без применения удобрений привело к существенному уменьшению в метровом слое почвы валовых запасов меди и её подвижной формы.

В **заключении** автор приводит обобщающие выводы, которые полностью отражают основные положения диссертации и соответствуют представленным экспериментальным данным в главах 3-10.

При общей положительной оценке, представленной к защите диссертации, при её прочтении возникли некоторые вопросы и замечания:

1. В обзоре литературы недостаточно акцентировано показаны результаты исследований именно на дерново-подзолистых почвах. Ссылка на результаты исследований, связанных с органическим веществом почвы, продолжительностью от 2 до 56 лет, выполненных в 137 разных местах мира конечно очень ценна для освещения общей картины, но работы региональных ученых, проводивших исследования в Предуралье, приведены очень ограниченно.

2. В методике не указан диапазон доз минеральных удобрений, рассчитанных по эквивалентному содержанию питательных веществ в навозе в зависимости от содержания в различных партиях навоза.

3. При обсуждении содержания органического углерода в почве чистого бессменного пара, изменения в динамике содержания органического углерода объясняются поступлением различного количества биомассы сорной растительности, что противоречит самому понятию «чистый пар». Общепринятая технология содержания чистого пара предусматривает проведение зяблевой вспашки, весенней перепахки и не менее трех послойных поверхностных обработок (культивация или дискование в зависимости от типа сорной растительности). При этом биомасса сорняков не может быть значительной, в противном случае имеет место нарушение агротехники.

4. Каким образом, по мнению автора, азотные и калийные удобрения увеличивают содержание органических соединений фосфора в почве?

5. Нельзя пройти мимо большого пространственного варьирования подвижного фосфора и калия и других агрохимических показателей перед закладкой в опыте 2.

6. Есть ли данные по миграционным потерям калия в условиях промывного водного режима дерново-подзолистых почв?

7. По данным автора положительное влияние известкования наблюдали в течение двух ротаций, с третьей ротации отмечено увеличение гидролитической кислотности и снижение показателя  $pH_{КСЛ}$ . С чем связано, по мнению автора, отсутствие отрицательной динамики суммы обменных оснований по ротациям?

Указанные замечания и вопросы не снижают научной и практической значимости диссертационной работы.

### **Заключение по диссертационной работе**

Диссертация Васбиевой Марины Тагирьяновны «Агрогенная трансформация плодородия дерново-подзолистых почв Предуралья» выполнена на актуальную тему, на высоком методическом уровне, является завершенной научно-квалификационной работой, имеющей теоретическое и практическое значение, в которой содержится решение научных вопросов по воспроизводству плодородия дерново-подзолистых почв и обеспечения устойчивого производства растениеводческой продукции, установлены агроэкологические последствия длительного применения различных систем удобрений. Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9-14 «Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. № 842, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Васбиева Марина Тагирьяновна заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальности 4.1.3 Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений.

### **Официальный оппонент:**

Доктор биологических наук  
(научные специальности 03.02.08 – экология;  
06.01.04 – агрохимия), профессор,  
заведующий кафедрой агрономии,  
агрохимии и защиты растений  
ФГБОУ ВО РГАТУ

Подпись заверяю  
Начальник отдела кадров

Виноградов Дмитрий Валериевич

Сиротина Галина Викторовна

19.03.2024г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ)

Адрес: 390044, Российская Федерация, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д.1;  
тел.: +7 (4912) 35-35-16; e-mail: [ydv-rz@rambler.ru](mailto:ydv-rz@rambler.ru)