

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Волгоградский государственный университет»

На правах рукописи



Водолазко Александр Николаевич

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ
ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ
МЕТАЛЛАМИ И ЕГО УЧЕТ ПРИ БОНИТИРОВКЕ
(НА ПРИМЕРЕ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)**

03.02.08 – экология (биология)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
доцент Иванцова Елена Анатольевна

Волгоград – 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	10
1.1 Техногенное загрязнение почв земель сельскохозяйственного назначения.....	10
1.2 Качественная оценка функционального состояния почв сельскохозяйственного назначения.....	16
2. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ И ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	26
2.1 Агроклиматические ресурсы.....	26
2.2 Почвенный покров и особенности почвообразования.....	30
3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ..	37
3.1 Характеристика реперных участков.....	37
3.2 Методика проведения исследований.....	46
4. ЭКОЛОГО-АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ СУХО-СТЕПНОЙ ПОЧВЕННОЙ ЗОНЫ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	59
4.1 Агрохимическая оценка состояния почв.....	59
4.2 Эколого-токсикологическая оценка почв.....	62
5. БОНИТИРОВОЧНАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ НА КОНТРОЛЬНЫХ УЧАСТКАХ.....	71
6. РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА И РЕЗУЛЬТАТЫ	

БОНИТИРОВОЧНОЙ ОЦЕНКИ ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ СУХОСТЕПНОЙ ПОЧВЕННОЙ ЗОНЫ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ С УЧЕТОМ ИХ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ.....	99
6.1 Зависимость качества конечной продукции растениеводства от содержания тяжелых металлов в почвах.....	99
6.2 Разработка методического подхода к бонитировочной оценке почв с учетом концентрации в них тяжелых металлов.....	111
6.3 Результаты бонитировочной оценки почв на реперных участках с учетом их загрязненности тяжелыми металлами.....	117
ВЫВОДЫ.....	139
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	141
Приложение 1. Почвенная карта Волгоградской области.....	165
Приложение 2. Карта растительности Волгоградской области.....	166
Приложение 3. Почвенно-климатические зоны Волгоградской области...	167
Приложение 4. Схема расположения и нумерация реперных участков.....	168
Приложение 5. Концентрация тяжелых металлов в почвах на реперных участках по годам исследований.....	169
Приложение 6. Агрохимические показатели почвенного плодородия на реперных участках в 2001 году.....	173
Приложение 7. Агрохимические показатели почвенного плодородия на реперных участках в 2003 году.....	174
Приложение 8. Агрохимические показатели почвенного плодородия на реперных участках в 2005 году.....	175
Приложение 9. Агрохимические показатели почвенного плодородия на реперных участках в 2007 году.....	176
Приложение 10. Агрохимические показатели почвенного плодородия на реперных участках в 2009 году.....	177
Приложение 11. Агрохимические показатели почвенного плодородия на	

реперных участках в 2011 году.....	178
Приложение 12. Агрохимические показатели почвенного плодородия на реперных участках в 2013 году.....	179
Приложение 13. Агрохимические показатели почвенного плодородия на реперных участках в 2015 году.....	180
Приложение 14. Агрохимические показатели почвенного плодородия на реперных участках в 2017 году.....	181
Приложение 15. Содержание тяжелых металлов в растительной продукции (озимая пшеница) на реперных участках, в среднем за 2000-2017 гг.....	182
Приложение 16. Содержание тяжелых металлов в растительной продукции (разнотравье) на реперных участках, в среднем за 2000-2017 гг.....	182

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. Одним из факторов ухудшения качественного состояния земельного фонда Волгоградской области является загрязнение земель [В.А. Темнышова, 2015]. Техногенное загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ), как известно, приводит к необратимым процессам химической деградации земель, оказывает негативное воздействие на качественные показатели сельскохозяйственной продукции и потенциально опасно для здоровья человека.

Для формирования экологически устойчивого сельскохозяйственного землепользования необходимо владеть объективной информацией об изменениях, происходящих в почвах в результате возрастающего антропогенного воздействия, в связи с чем вопросы разработки и внедрения новых методологических подходов к бонитировке почв с учетом их загрязненности тяжелыми металлами весьма своевременны и актуальны, а расчет кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения наиболее объективен.

Цель и задачи исследований. Цель исследования – определение содержания тяжелых металлов в почвах и бонитировочная оценка земель сельскохозяйственного назначения сухостепной зоны Волгоградской области с учетом выявленного загрязнения.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

1. дать агрохимическую и эколого-токсикологическую оценку состояния почв земель сельскохозяйственного назначения;
2. выявить степень загрязнения почв земель сельскохозяйственного назначения тяжелыми металлами и определить динамику изменений концентрации тяжелых металлов в почвах за период 2000-2017 гг.;
3. провести бонитировочную оценку почв и выявить динамику изменения бонитета почв за период 2001-2017 гг.;

4. представить, обосновать и апробировать методический подход к бонитировочной оценке почв с учетом загрязнения тяжелыми металлами.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- определен уровень загрязнения почв земель сельскохозяйственного назначения сухостепной зоны Волгоградской области тяжелыми металлами относительно ПДК и ОДК, выявлена динамика загрязнения за период 2000-2017 гг.;

- проведена бонитировочная оценка почв земель сельскохозяйственного назначения сухостепной зоны Волгоградской области и выявлена динамика изменения показателей бонитета почв за период 2001-2017 гг.;

- разработан и апробирован методический подход к оценке качества почв земель сельскохозяйственного назначения на основе учета показателей загрязнения почв тяжелыми металлами.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследований. Полученные данные бонитировочной и эколого-токсикологической оценки почв могут быть использованы как сельхозпроизводителями Волгоградской области для рационализации и стратегического планирования ведения сельскохозяйственной деятельности, так и надзорными органами в области сельскохозяйственного производства для принятия мер по обеспечению повышения качества земель и сельскохозяйственной продукции. Предложенный методический подход к оценке качества почв также может быть использован при проведении земельно-оценочных работ и определения уровня стоимости земель, арендной платы, налоговых отчислений с земель и др.

Основные положения, выносимые на защиту:

- содержание тяжелых металлов как фактор, определяющий экологическое состояние почв земель сельскохозяйственного назначения в сухостепной зоне Волгоградской области;

- характеристика качества почв земель сельскохозяйственного назначения сухостепной зоны Волгоградской области на основе бонитировочной оценки по агрохимическим показателям;

- бонитировочная оценка почв земель сельскохозяйственного назначения сухостепной зоны Волгоградской области с учетом их загрязнения тяжелыми металлами.

Методология и методы исследований. Исследования проводились на основе системного подхода, включающего в себя аналитический обзор научной и нормативно-правовой литературы в области оценки качества почв и земель сельскохозяйственного назначения, а также систематизацию и обработку экспериментальных данных, получаемых в результате натурных наблюдений. В работе применялись математические методы обработки информации, такие как корреляционно-регрессионный анализ и статистический анализ. Решение поставленных задач осуществлялось с помощью использования специальных программных продуктов для составления графических материалов (Excel, ArcGis, CorelDraw и др.).

Степень достоверности работы. Достоверность выводов и научных положений диссертации подтверждается тщательным обоснованием предлагаемых методик и разработанных моделей, осуществлением мониторинга в соответствии с методическими указаниями, проведением аналитических испытаний в аккредитованной лаборатории по методикам ГОСТ, сопоставлением полученных результатов с данными отечественных и зарубежных исследований.

Апробация работы. Полученные на различных этапах исследования выводы и результаты представлялись научной общественности в докладах, выступлениях, рекомендациях, обсуждались и получили положительную оценку на международных и всероссийских научных конференциях: Всероссийской научно-практической конференции «Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика» (Волгоград, 2015; 2016), IV Международной научной конференции «Эволюция и деградация

почвенного покрова» (г. Ставрополь, 2015), Международной научно-практической интернет-конференции «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования» (с. Соленое Займище, 2016; 2017), XXI Региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области (г. Волгоград, 2016), IV Международной научно-практической конференции «Антропогенная трансформация геопространства: история и современность (г. Волгоград, 2017), Международной научно-практической конференции «Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства» (с. Соленое Займище, 2017), V Международной научно-практической конференции «Антропогенная трансформация геопространства: природа, хозяйство, общество (г. Волгоград, 2019), а также на научных семинарах ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет». Результаты исследований (частично) прошли апробацию в рамках реализации государственного задания Министерства образования и науки РФ №40.7534.2017/8.9 «Разработка экологоориентированных биотехнологий оптимизации аридных агробиоценозов Юга России на основе достижений физико-химической биологии и биоинформатики».

Публикация результатов исследований. Наиболее существенные положения и результаты исследований отражены в 17 публикациях общим объемом 7,4 п.л., в том числе с долей автора 3,2 п.л.; среди них 3 статьи в международных базах Scopus/Web of Science; 2 статьи из списка рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук списка ВАК РФ.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, библиографического списка и приложений. Список использованной литературы включает 201 источник, в том числе 10 источников иностранных авторов. Содержание работы

изложено на 182 страницах, включает 17 таблиц, 87 рисунков и 16 приложений.

Личный вклад автора. Личный вклад соискателя состоит в определении актуальности темы исследований, проведении аналитического обзора отечественной и зарубежной литературы по исследуемой тематике, постановке и разработке основных теоретических положений и путей выполнения основополагающих задач, подборе стандартных методик и усовершенствовании методики оценки качества почв на основе учета агрохимических показателей и показателей загрязнения почв тяжелыми металлами, непосредственном участии в получении исходных данных, обработке и интерпретации полученных результатов, формулировке выводов, публикации научных работ. Доля личного участия в подготовке и написании диссертации составляет свыше 90%.

Отдельные фрагменты работы выполнены при участии сотрудников ФГБУ «Центр агрохимической службы «Волгоградский»», которым автор выражает признательность и благодарность.

1. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

1.1 Техногенное загрязнение почв земель сельскохозяйственного назначения

Под техногенным загрязнением почв подразумевается привнесение в нее посторонних агентов, не связанных с естественным почвообразованием, а также распространение и накопление в почвах таких агентов. Основными загрязняющими элементами техногенного происхождения являются тяжелые металлы, радионуклиды, нефть и нефтепродукты, пестициды, минеральные удобрения, поверхностно активные углеводороды (ПАУ) и др. Соответственно, загрязняющие вещества могут попадать в почву следующими основными путями: с помощью атмосферного переноса, в том числе с атмосферными осадками, путем внесения в почву агрохимикатов, в результате аварий трубопроводов, в результате выбросов при работе автотранспорта, авиации, промышленных предприятий [14].

Среди загрязняющих веществ по степени воздействия на живые организмы и масштабам загрязнения тяжелые металлы занимают особое место. К тяжелым металлам относят более 40 химических элементов периодической системы Д.И. Менделеева с атомным весом свыше 50 а.е.м, такие как As, Pb, Cu, Ni, Mn, Fe, Zn, Mo, Cd, Hg [26, 137, 146, 165].

Наиболее распространенными загрязнителями из группы тяжелых металлов считаются свинец, цинк (1 класс опасности), никель и медь, (2 класс опасности) [85, 89]. Однако, в настоящее время проводятся исследования, направленные на пересмотр и уточнение перечня наиболее опасных металлов. Так, Ю.Н. Водяницкий [26] отмечает преувеличение опасности свинца и цинка, указывает на необходимость включения в список

опасных элементов таллия (Tl), подчеркивает целесообразность разработки локальных значений ПДК на основе значения ПДД – предельно допустимой добавки тяжелого металла как поллютанта, которая характеризует степень опасности данного элемента.

В публикациях отечественных и зарубежных авторов представлены многочисленные данные о негативном влиянии тяжелых металлов на живые организмы и на состояние агроэкосистем в целом [1, 6, 26, 41, 47, 85, 89-91, 97, 104, 118, 119, 131, 191, 196, 197, 133, 140]. Тяжелые металлы имеют свойство накапливаться в организмах растений и животных, перемещаясь по трофической цепи, и могут являться причиной опасных заболеваний. Установлено, что присутствие повышенных концентраций тяжелых металлов в почвах нарушает функционирование почвенных микроорганизмов, режим питания растений и агрохимические свойства почв [9, 104, 162].

Основными источниками поступления в окружающую среду тяжелых металлов являются промышленные предприятия и автотранспорт; содержание токсичных элементов в почвах вблизи предприятий и автодорог может в разы превышать предельно допустимые нормы [21, 105, 109, 174]. Источниками загрязнения также являются объекты сельскохозяйственного производства, такие как животноводческие фермы, склады с агрохимикатами, места стоянки и ремонта сельскохозяйственной техники и др. Повышение содержания элементов в почвах, по мнению Т.В. Скрипко [162], В.Г. Минеева [130], Б.Я. Ягодина и др. [91] обусловлено накоплением остаточных количеств минеральных удобрений и связано с неконтролируемым внесением средств химизации и защиты растений В Национальном атласе России [136] указано, что «основной источник загрязнения, с которым в пахотные почвы поступает до 50% общего количества тяжелых металлов, - фосфорные удобрения». Однако, как отмечает Ю.В. Мирошникова [131], в условиях современного сельскохозяйственного производства применение минеральных и

органических удобрений не может привести к загрязнению агроландшафтов ТМ.

За последние десятилетия осуществлены исследования загрязнения почв земель сельскохозяйственного назначения во многих регионах России, накоплена информация о содержании различных тяжелых металлов (свинца, кадмия, хрома, мышьяка и др.) в почвах. О.А. Кизилев и др. [97], проводили исследования по данному вопросу в Свердловской области, Ю.А. Блохова [11] – в Рязанской области, А.Я. Шумейко [190]- в Брянской области, Г.А. Игнатова и др. [85] – в Орловской области. О.К. Иноземцевой и др. [89] дана эколого-агрохимическая оценка состояния почв сельскохозяйственного назначения Калининградской области. Выявление загрязнения основных типов почв Заволжской провинции степной зоны Самарской области, а также прогнозирование экологического состояния земель сельскохозяйственного назначения региона нашло отражение в исследованиях С.В. Ишковой [90]. Проблемы детоксикации агроценозов юга Центрального Черноземья, подверженных техногенному воздействию, рассмотрены в работе В.Ф. Евтюхина [78]. Оценка эколого-агрохимического состояния агроландшафтов Среднего Поволжья и рекомендации по реабилитации загрязненных тяжелыми металлами экосистем представлены в работе С.И. Цыганка [177], диагностика состояния агроэкосистем Приазовской зоны Ростовской области представлена в работе Е.А. Чеботниковой [178]. Вопросом загрязнения почв и растений токсичными элементами в Республике Башкортостан занимались И.Г. Асылбаев и др.[6], в Республике Казахстан – Б.Б. Доскенова [75]. В работах М.Ш. Махотловой [118, 119] предложены пути усовершенствования землепользования и повышения уровня сельскохозяйственной продуктивности земель.

Экотоксикологические исследования по загрязнению почв сельскохозяйственного назначения тяжелыми металлами территории Волгоградской области, немногочисленны. Среди них можно выделить работы Н.Ю. Безозубовой [7], И.В. Киричковой [99, 100], М.П. Лобанова

[110], Д.Р. Мухамбетовой [135], Д.А.Тихоновой [171], И.В. Спиридоновой и др. [166], N.V. Onistratenko [197] и др.

Особо актуальным вопросом современных исследований является разработка эффективных методов оценки устойчивости почв к техногенным воздействиям в целом и к загрязнению тяжелыми металлами в частности. Почвы выступают основным средством производства в сельскохозяйственной деятельности и поддержание их оптимального состояния является первоочередной задачей. Качественное состояние почвы напрямую влияет на ее способность к трансформации и транспортировке загрязняющих веществ, от чего, в конечном итоге, зависит качество конечной продукции. Опасность загрязнения земель сельскохозяйственного назначения усугубляется еще и слабым выведением тяжелых металлов из почвы; период полуудаления Cd – 13-1100, Cu – 310-1500, Pb – 740-5900, Zn – 70-150 лет, [181].

Эффективными способами сокращения содержания тяжелых металлов в почвах, по мнению многих исследователей, является фиторемедиация и применение агрохимических препаратов [21, 99, 105, 110, 174]. Эффективным средством защиты почв от техногенного воздействия, по мнению И.Р. Гибадуллина и др. [37] могут являться лесные насаждения.

Эколого-токсикологическое состояние почв имеет важное значение для оптимального функционирования экосистем в целом и в частности является основным показателем, характеризующим выполнение почвами своих экологических функций. Особое значение имеет эколого-токсикологическое состояние почв земель сельскохозяйственного назначения, так как экологическое качество почв напрямую связано на качестве производимой на данных почвах сельскохозяйственной продукции [143, 161, 176, 194].

Оценка состояния почв проводится по показателям оптимального содержания загрязняющего элемента. Таким показателям для тяжелых металлов является ПДК. Ю.В. Алексеев [2] определял ПДК вещества в почве как концентрацию, которая при длительном воздействии на почву и растения

не вызывает патологических изменений в биологических процессах и не приводит к накоплению токсиканта в с/х культурах. Значения ПДК определяются экспериментально, в основном на песчаных почвах. Для тяжелых металлов ПДК определяют по нескольким показателям вредности для валовых и подвижных форм (СанПИН...). В процессе расчета норм ПДК сталкиваются со значительными затруднениями, связанными с определением гигиенической опасности той или иной концентрации тяжелых металлов в различных типах почв. Это связано с многообразием почвенных разностей и различием в их почвенных условиях. На основе ПДК разрабатываются схемы загрязнения почв, в которых указаны соответствующие стадии загрязнения. Так, В.Б. Ильиным [88] предложена следующая схема загрязнения почв тяжелыми металлами (таблица 1).

Таблица 1- Схема стадийного загрязнения почв тяжелыми металлами [88]

Стадия загрязнения	Основные признаки	Характеристика загрязнения	Использование почв в сельском хозяйстве
Слабое	Отсутствуют нарушения в функционировании почв и загрязнение растений	Меньше ПДК	Под любую культуру
Среднее	Нарушение нормального функционирования почвы	Больше ПДК	Под любую культуру
Сильное	Избыток содержания ЗВ в вегетативной массе растений	Превышение гигиенической нормы в вегетативной массе	Под культуры, товарность которых – репродуктивные органы
Очень сильное	Избыток содержания ЗВ в органах запасаения	Превышение гигиенической нормы в органах запасаения	Исключается

Поступление загрязняющих веществ из атмосферы является одним из основных путей повышения нормативов содержания тяжелых металлов в почвах. Для расчета интенсивности загрязнения почв тяжелыми металлами из атмосферы Э.П. Махонько [117] предложил расчет периода удвоения концентрации элемента в почве при определенном уровне поступления из

атмосферы. В естественных условиях содержание тяжелых металлов в почвах, по мнению В.Д. Муха [134], определяется факторами, в число которых входят погодные условия, а также почвообразовательные процессы; соотношение факторов зависит от генетических особенностей и гранулометрического состава.

Существует также немало методик определения нормативов содержания в почвах тяжелых металлов на основе фонового уровня и содержания в материнской породе. Ю.А. Мажайский [112, 113] и В.Ф. Евтюхин [78] в своих исследованиях предложили использовать данные показатели как региональный фон тяжелых металлов. Согласно В.Б. Ильину [86-88] оценку содержания тяжелых металлов в почвах необходимо осуществлять с учетом их валового содержания. В данном случае необходимо сравнение содержания тяжелых металлов с фоновым уровнем для данной территории, а также с концентрацией в горизонтах А1 и С. При этом, уровень загрязнения считается приемлемым при концентрации тяжелого металла не превышающей фоновый в два раза. Превышение концентрации тяжелого металла фонового уровня в 30 раз считается чрезвычайно опасным уровнем [132].

Почвы в свою очередь обладают естественной способностью противостоять воздействию загрязнения. Механизмами выведения избытка тяжелых металлов из почвы являются вымывание за пределы почвенного профиля, концентрация на геохимических барьерах в связанной форме, недоступной для живых организмов, образование химических соединений, не вызывающих негативных воздействий. Одним из механизмов связывания является иммобилизация элемента микрофлорой и образование различных по степени устойчивости соединений с компонентами твердой фазы. Наиболее высокобуферными почвами являются черноземы [40, 43, 81].

Таким образом, существует достаточное количество методик определения степени загрязнения почв тяжелыми металлами, основанных на различных соотношениях и показателях. Основным критерием оценки

качества почв по содержанию тяжелых металлов остается показатель концентрации тяжелого металла в почве относительно его ПДК. Особое значение имеет определение содержания в почвах подвижных форм тяжелых металлов, так как такая форма является наиболее мобильной и опасной для живых организмов.

Для Волгоградской области наиболее актуален учет концентрации в почвах тяжелых металлов, поскольку на территории области помимо автотранспорта имеются крупные промышленные источники выбросов загрязняющих веществ. Показатель качества почв по содержанию тяжелых металлов должен базироваться на ПДК, т.к. ПДК является максимально возможной безопасной концентрацией тяжелого металла в почве. Расчет показателя качества относительно фоновое содержание не будет корректным, поскольку фоновое содержание может превышать безопасный уровень.

1.2 Качественная оценка функционального состояния почв сельскохозяйственного назначения

Для формирования устойчивого землепользования важно иметь актуальную и объективную информацию об изменениях, происходящих в почвах сельскохозяйственного назначения под влиянием природно-антропогенного воздействия. Ввиду того, что бонитет почв количественно отражает характеристику их качественного состояния, он может и должен выступать важной составной частью их оценки, контроля, прогноза изменений, то есть быть элементом поддержания экологического равновесия в агроэкосистемах [120]. Поэтому в современных условиях вопросы разработки и внедрения новых методологических подходов к бонитировке почв, способных не только учитывать реальные показатели почв, но и прогнозировать изменения балльной оценки при варьировании их значений, становятся актуальными.

Бонитировка почв является логическим продолжением комплексных обследований земель и предшествует их экономической оценке [12, 20, 46, 84, 100, 101, 102, 111, 120, 154, 164].

Основной смысл бонитировки сводится к определению лучших и худших по плодородию почв в пределах одного почвенного типа. В процессе такой оценки учитываются агрохимические, морфологические и другие свойства почв при условии сопоставимого уровня агротехники. Бонитировка представляет собой ранжирование или классификацию определенного вида почв по ее качественному состоянию [3, 10, 12, 15, 32, 39, 67, 68, 108].

В оценке земель практически все существующие подходы опираются на главную их функцию – воспроизводство продукции, которая в свою очередь зависит от плодородия почв оцениваемых земель. В конечном итоге именно плодородие является определяющей характеристикой в процессе экономической оценки сельскохозяйственных земель [69, 76, 77, 114, 115, 145, 155]. Иными словами, бонитировка почв является средством определения лучших и худших почв по степени плодородия. Согласно существующим многочисленным определениям этого термина, плодородие представляет собой совокупность факторов, обеспечивающих благоприятные условия для роста и развития растений [17, 19, 61, 80, 93, 138, 144, 147, 188, 189]. Выявление почв с лучшими свойствами и совокупностью данных факторов и является процессом бонитировки. Конечной целью бонитировки является сравнение почв по производительности и выявление наиболее благоприятных для различных сельскохозяйственных культур. При этом стоит учитывать, что оценка земель на основе бонитировки применима только к территориям с однородным почвенным покровом. Иными словами, нельзя сравнивать по баллу бонитета почвы разных типов [142].

За рубежом оценкой качества почв стали заниматься со времен интенсивного развития земледелия в древних цивилизациях. Так древнеримский исследователь Колумелла утверждал, что необходимо специально подбирать почвы под культуры, вести обработку почв с учетом

местных особенностей и с применением удобрений. Колумелла основал классификационный принцип разделения почв, в соответствии с которым почвы разделяли по влажности (мокрая, влажная, сухая), тучности (тощая, средняя, жирная), плотности, каменистости и т.д. В целом, до XIX века практически во всех странах мира оценка почв представляла собой мероприятия описательного характера и применялась для установления налоговых сборов. С этого времени начали использовать результаты количественного анализа показателей свойств почв [82, 173, 193].

В России качественная оценка почв получила документированные свидетельства в период XV – XVII в специальных писцовых книгах, куда записывали результаты замеров всех земельных угодий, а также производилось разделение угодий по качеству почвы. Вплоть до XIX века оценка качества земель имела описательный характер для целей налогообложения землевладельцев. Критерии налогообложения требовали более комплексного подхода к оценке, поэтому в первой половине XIX столетия в России начались работы по формированию земельного кадастра. Оценка земель осуществлялась кадастровыми комиссиями вновь созданного Министерства государственных имуществ [19, 38, 40, 41, 103]. В результате работы оценочных комиссий Министерства государственных имуществ была создана «Нормальная классификация пахотных земель по урожаям ржи». Согласно данной классификации сельскохозяйственные земли были поделены на 5 классов – лучшие, хорошие, средние, посредственные и худые, а внутри классов почвы подразделялись на разряды и по урожайности [19, 148]. Огромный вклад в развитие работ по оценке почв внесли В.В. Докучаев, Н.М. Сибирцев, которые придерживались принципа оценки почв согласно ее естественно-историческим особенностям [74, 159]. В послевоенный период бонитировка почв в основном связана с именем С.С. Соболева [163], который представил первый вариант общесоюзной методики бонитировки почв. Как и при почвенных и агрохимических исследованиях, работы по бонитировке

подразделяются на три периода: подготовительно-камеральный, полевой и камерально-аналитический [63, 128, 163, 164].

Вопросы бонитировки почв в различных регионах РФ рассмотрены в исследованиях Б.Ф. Апаринной [4], Н.Л. Благовидова [10], Л.Б. Востоковой [32, 33], Ф.Я. Гаврилюка [37-39], О.С. Дымдын [76], И.И. Карманова [92-95]. Г.П. Глазунова [44], В.А. Рассыпнова [152], М.В. Редько [153], В.А. Седых [157], П.А. Украинского [173], Г.Н. Черкасова [180] и др. Недостатки методики комплексной оценки плодородия почв и пути решения этой проблемы представлены в работах А.Г. Шабаева [186, 187].

Исследования, касающиеся качественной оценки современного состояния почв земель сельскохозяйственного назначения Волгоградской области, немногочисленны. М.Н. Ракутин [151] занимался вопросами экономической оценки земель, бонитировки почв, разработкой методики использования земельного кадастра для прогнозирования развития, размещения и специализации сельскохозяйственного производства по зонам и районам области. В исследованиях А.В. Воробьева [28, 29] рассмотрены проблемы земельных отношений, вопросы кадастровой оценки земель, методы формирования территорий и управления земельными ресурсами. Разработкой основных направлений рационального использования почв области занималась Е.Т. Дегтярева [64-66], которой впервые дана агрогенетическая характеристика почв Волгоградской области на основе массовых материалов по морфологической и физико-химической характеристике почв, предварительной бонитировке и экономической оценке почв, среднемноголетних данных урожайности зерновых культур и др., что позволило установить существенные различия на уровне типов, подтипов, а также между одинаковыми разновидностями почв в пределах разных почвенных районов одной подзоны. Оценка состояния почвенного покрова отдельных административных районов или хозяйств области, вопросы кадастровой оценки земель частично представлены в работах А.Н. Водолазко, Е.А. Иванцовой, Р.С. Рахманова [22], А.Н. Водолазко, Е.А.

Иванцовой [23], Е.В. Денисовой [67], М.А. Тихоновой [171], В.А. Темнышевой [169], Н.В. Перекрестова [146], А.А. Околеловой [139] и др. Однако, в условиях интенсификации земледелия и других постоянно меняющихся факторов необходима разработка актуальных методических и методологических основ оценки качественного состояния почв земель сельскохозяйственного назначения, информационной базой которых являются естественные многолетние исследования.

Методология качественной оценки почв земель сельскохозяйственного назначения в различных странах основана на фундаментальных критериях, таких как урожайность сельскохозяйственных культур, физико-химические свойства почвы, климатические условия и рельеф местности, возможность интенсивного использования мелиорации и агрохимикатов. Однако, в разных странах используются различные комбинации данных показателей и варьируется набор свойств почв, используемый для оценки ее качества.

В России можно выделить ряд основных методик проведения бонитировочной оценки почв. Расчет балла бонитета почв по методу Т.А. Гринченко основан на нахождении интегрального показателя определенных свойств почвы, который в дальнейшем подвергается математическому преобразованию. Расчет производится по содержанию гумуса, подвижного фосфора и обменного калия в зависимости от типов почв, кислотности, гидролитической кислотности, насыщенности основаниями [122].

Согласно методу Б.Н. Никитина, баллы плодородия почв рассчитываются по элементам питания растений. За эталон взято количество элементов питания, которое необходимо для создания биомассы ржи при урожае зерна – 1 ц сухого вещества. Это количество элементов питания соответствует условным единицам измерения плодородия почв. Полное плодородие почв рассчитывается из следующих показателей: масса пахотного слоя почвы на 1 га, содержание элементов питания растений в усвояемой форме на 1 га, плодородие почвы по элементам питания растений.

Другие факторы, помимо элементов питания, учитываются с применением поправочных коэффициентов [122].

И.И. Кармановым разработан метод оценки качества почв в орошаемых и неорошаемых условиях. По данному методу балл бонитета определяется для различных культур с помощью специально разработанных формул. Формулы разработаны с учетом зонального ряда почв. Эталонное значение по зерновым и кукурузе, равное 100 баллам бонитета, имеют сверхмощные обыкновенные черноземы Краснодарского края. Для почв зонального ряда в расчетах используются поправочные коэффициенты на гранулометрический состав, степень смывости, степень гидроморфизма, степень солонцеватости [122].

В методике Т.Н. Кулаковской и др. основным показателем, характеризующим плодородие почв, является индекс окультуренности, который выражается в виде среднеарифметической величины относительных индексов качественных показателей, таких как кислотность, содержание фосфора, калия, гумуса. Относительный индекс рассчитывается по каждому используемому показателю и выражается как отношение разницы фактического и оптимального значения показателя для данной почвы к разнице оптимального и минимального значения показателя [122].

Методология оценки качества почв по Синельникову и Слабко основана на вычислении балльной оценки агрохимических показателей плодородия почв. Общий балл определяется как среднее арифметическое из баллов отдельных показателей с учетом поправочного коэффициента оптимальности [122].

Метод, разработанный Государственным научно-исследовательским институтом земельных ресурсов (метод ГИЗРА) основан на расчете баллов бонитета относительно возделываемых культур и балла нормативной урожайности. Общий оценочный балл вычисляется из относительных баллов по отдельным показателям, таким как содержание гумуса в пахотном слое почвы, мощность гумусового горизонта, запасы гумуса в гумусовом

горизонте, сумма поглощенных оснований, содержание физической глины в пахотном слое, кислотность. По отдельным показателям расчет балла представляет собой отношение фактического значения показателя к оптимальному значению, выраженное по 100-балльной шкале.

С методом ГИЗРА схож метод, представленный Центральным научно-исследовательским институтом агрохимического обслуживания сельского хозяйства (метод ЦИНАО). По данному методу также рассчитывают балл плодородия по каждому показателю. Показатели почвенного плодородия подразделяются на основные и сопутствующие. К основным показателям относят кислотность, содержание гумуса, фосфора, калия, гидролитическую кислотность. К сопутствующим показателям относятся кальций, магний, основные микроэлементы, сумма поглощенных оснований и степень насыщенности основаниями. Суммарный балл по основным показателям, как и по сопутствующим показателям рассчитывается как среднее арифметическое оценочных баллов по каждому показателю. В расчетах оценочных баллов по каждому показателю учитывают фактическое значение показателя и оптимальное значение [122].

Методы Гринченко и ЦИНАО наиболее оптимально подходят для определения качественной оценки почв нечерноземной зоны России. В большинстве случаев, выбор между данными методами определяет исходная информация, которая имеется в наличии [4, 83, 92, 94, 121, 122, 124, 125, 129].

Иностранные методики отличаются по наборам используемых показателей, способам вычислений и другим параметрам. В зарубежных странах успешно применяется фундаментальная система оценки почв, разработанная ФАО для неорошаемого земледелия. Согласно данной системе показатели оценки группируются по категориям, в которые входят: климатические условия, климат почвы, форма и рельеф участка, гидрология, фитосанитарное состояние посевов и почвы, морфология профиля, физические характеристики почвы и эрозия почвы, химические

характеристики почвы, биологические характеристики почвы, местоположение земельного участка. В каждой категории выделяется целый ряд показателей, по которым производится расчет баллов качественного состояния почв [33, 95, 101, 140, 200].

В Германии фундаментальной основой методологии оценки земель является закон об учете грунтов, одним из главных авторов которого был Роткегель. Балльная оценка качества почв согласно данному закону предусматривает учет гранулометрического состава, происхождение почвы, стадии развития почвы. Почва в процессе оценки характеризуется особенностями пахотного горизонта, переходной зоны к породе, особенностями почвообразующей породы, уровнем и воздействием на почвенный профиль грунтовых вод. Возможность использования земель в сельскохозяйственных целях определяют такие показатели как: климатические, возможность машинной обработки, характер рельефа местности, каменистость, кислотность, содержание гумуса и питательных элементов, характер и состав подпочвы, пространственная дифференциация почв [16, 180, 195]. В Великобритании система классификации сельскохозяйственных земель в соответствии с почвенным бонитетом предусматривает разделение земель на три категории по продуктивности: земли хорошего, среднего и низкого качества. В каждую категорию входят земли с определенным количеством типов почв. Соответственно, на почвах первой категории могут выращиваться все культуры данной климатической зоны, почвы второй категории не дают высоких урожаев даже с применением совершенной агротехники. На почвах третьей категории недоступно применение высокой агротехники, поэтому урожаи получают низкие. При этом в третью категорию входят почвы, которые не являются пригодными для сельского хозяйства – горные породы, пески, каменистые россыпи. В США система классификации земель по уровню почвенного бонитета подразумевает разделение сельскохозяйственных земель на 8 классов. Разделение на классы осуществляется в зависимости от почвы,

климатических, геоморфологических и гидрогеологических условий. Особому вниманию придаются вопросы эрозии почв и способам борьбы с ней. Оценка качества почвы производится по показателям, определяющим физико-географические условия местности и определяющим физико-химические свойства почвы. К первой группе показателей относятся климатические условия, водные свойства, географическое положение, уклон местности, агрофизические показатели. Ко второй группе показателей относят содержание органического вещества, содержание питательных элементов, реакцию почвенной среды, засоление, солонцеватость и т.д. [175, 192, 199].

Стоит заметить, что процесс бонитировки почв так же сложен, как и процесс классификации почв. Необходимо установление определенных принципов, на основе которых будет устанавливаться бонитет зональных и региональных почв. Необходимо также учитывать многообразие свойств почв, которые по своему характеру могут быть как чисто природными, так и приобретенными в результате их использования в сельском хозяйстве.

Для научно-обоснованного решения большого круга вопросов по использованию земель сельскохозяйственного назначения, осуществлению государственного контроля за их использованием, установлению земельного налога, нормативной и рыночной цены и арендной платы за землю и др. необходимо проведение оценочной работы по определению качества земли, в том числе и с учетом тенденции изменения бонитетов почв в перспективе.

В современных экологических и социально-экономических условиях осуществления сельскохозяйственной деятельности необходимо усовершенствование методики оценки качества почв земель сельскохозяйственного назначения. Бонитировочная оценка почв должна учитывать не только состояние почв по уровню плодородия (традиционная бонитировка почв), но также эколого-токсикологическое и гигиеническое состояние почв (учет загрязненности почв тяжелыми металлами, пестицидами, радионуклидами и др.). Поскольку кадастровая стоимость

земель сельскохозяйственного назначения зависит от балла бонитировки, то расчет стоимости земель на основании бонитировки почв с учетом их загрязнения станет наиболее объективным.

2. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ И ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Агроклиматические ресурсы

Климат Волгоградской области можно характеризовать как засушливый с резко выраженной континентальностью. Среднегодовая амплитуда температур в пределах 30-32⁰С, абсолютных максимальных и минимальных температур – 70–80⁰С. Осадков мало, распределены осадки неравномерно по годам и сезонам; испаряемость в летнее время превышает количество выпадающих осадков.

Среднегодовые температуры воздуха нарастают с севера на юг от 5,4⁰С до 8,1⁰С. Для климата области характерны значительные контрасты между холодной зимой и жарким летом. Наиболее низкие температуры приходится на январь. Абсолютный минимум ежегодно колеблется от -20⁰С на юге до -22... – 24⁰С на севере и северо-востоке. В наиболее холодные зимы он может падать до -35...– 40⁰С. Величина среднего из абсолютных годовых минимумов температуры изменяется от -29⁰С на юге до -32⁰С на севере и северо-востоке области. Величина среднего абсолютного минимума является хорошим показателем перезимовки озимых зерновых культур, а также деревьев, кустарников в условиях малоснежных и бесснежных зим. Зимний температурный режим воздуха определяет температуру почвы. Вследствие малой мощности снежного покрова они низки, и промерзание почвы идет довольно глубоко. Наибольшая глубина промерзания почвы наблюдается в конце февраля – начале марта и достигает 80 см.

Продолжительность периода с температурой воздуха ниже 0⁰С составляет порядка 140–145 дней. Устойчивые морозы заканчиваются в 3-й декаде марта. В этом месяце начинается оттаивание почвы, и в конце марта или в начале апреля она бывает талой на всю глубину. В первой половине апреля происходит переход средней суточной температуры воздуха через

+5⁰С, а в третьей декаде апреля – через +10⁰С. Длительность периода со среднесуточными температурами воздуха от 0 до +10⁰С составляет 20–30 дней. Быстрое повышение температур весной с одновременным усилением ветров обуславливает интенсивное таяние снега и иссушение почвенного покрова. Однако заморозки в воздухе могут продолжаться до начала мая, а в отдельные годы могут наблюдаться в середине мая. На поверхности Продолжительность периода с температурой выше +5⁰С - от 170 дней в северных районах до 209 дней на юге, что благоприятно возделывания сельскохозяйственных культур. Среднеиюльские температуры в зоне колеблются от +22,5 до +24,5⁰С. Абсолютный максимум температур может быть +40..+42⁰С, а в отдельные годы поднимается до +44⁰С. Число дней со среднесуточной температурой воздуха выше +20⁰С составляет 70–80 дней. Летом значительная суточная амплитуда температур, в июле она достигает 11–12⁰С. Высокие температуры воздуха обуславливают значительный нагрев почвы. Температура верхних слоев везде выше температуры воздуха. На глубине 40–45 см. в июле она колеблется от +22⁰С на севере до +26⁰С на юге зоны. В отдельные дни в период засухи температура поверхности почвы может подниматься свыше +60⁰С. В сентябре начинается значительное снижение температуры воздуха и возможны первые осенние заморозки. В первой декаде октября температура воздуха устойчиво переходит через +10⁰С, и в третьей декаде наблюдаются заморозки. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 160–170 дней.

Территория отличается большим числом ясных дней. Продолжительность солнечного сияния составляет порядка 2235 часов и достаточна для созревания южных культур. Незначительно количество дней со сплошной облачностью – около 78. Наибольшее количество таких дней в декабре – 20 и в январе – 16, а в июне и июле дней со сплошной облачностью не бывает.

Количество атмосферных осадков находится в непосредственной связи с удаленностью от Атлантического океана и общей циркуляцией воздушных

масс. Осадки убывают с северо-запада на юго-восток. Их количество изменяется от 500 мм на западе до 270 мм на востоке. Однако по годам и сезонам они распределяются неравномерно. В теплый период осадков выпадает больше, чем в холодный, и количество их по годам сильно варьирует. За время сильных ливней может выпадать до 25% среднегодового количества осадков, при этом верхний почвенный покров смывается, происходит углубление и расширение оврагов, формируются конуса выносов. Ливневые осадки мало способствуют увлажнению почвы, так как большая часть воды не успевает поглощаться поверхностью почвы и стекает в реки. В отдельные годы в теплый период в течение месяца может не выпадать дождей. Осадки, выпадающие в холодное время в виде снега, являются основным источником накопления влаги в почве. Снеговой покров, как правило, появляется в третьей декаде ноября. Разрушение устойчивого снегового покрова происходит во второй половине марта, а окончательный сход снега – в третьей декаде марта. Высота снежного покрова изменяется с запада на восток и колеблется от 10 до 20 см. Лишь в некоторые многоснежные зимы мощность снегового покрова может достигать 30 – 40 см. Следует отметить, что мощность снега на открытых равнинах меньше, чем в защищенных местах. Особенно это хорошо видно к концу зимы, так как сильные ветры перераспределяют снег.

Относительная влажность воздуха зимой мало отличается от северных и западных частей Русской равнины и превышает 80%. Летом относительная влажность воздуха резко падает, понижаясь в августе до 35–45%. В засушливые дни относительная влажность снижается до 30%, а в суховейные – до 10% и ниже [71-73, 98, 142, 148, 151, 171].

Исследуемая зона относится к районам с повышенными скоростями ветра, чему способствует преобладание открытых безлесных пространств. Среднемесячная скорость ветра наблюдается с ноября по март, ее величина в вечерние и утренние часы составляет 4,5–7,0 м/с. Летом в эти же часы она не превышает 4,5 м/с. За год бывает до 20–30 дней с сильными ветрами (со

скоростью более 15 м/с.), наибольшее число их наблюдается зимой. Максимальная скорость ветра достигает 35 м/с. Преобладающими направлениями ветров в холодный период года являются юго-восточные и восточные, а по долине Волги – северо-восточные. В теплое время года, начиная с мая, возрастает повторяемость западных ветров с прохладным и влажным воздухом, а также дуют сухие и жаркие юго-восточные и восточные ветры. В долинах рек ветры дуют вдоль оси долины, при совпадении направления их с направлением долины скорость увеличивается. На открытых возвышенных участках сила ветра больше.

Характерной чертой весенне-летнего периода является эпизодическое возникновение пыльных бурь. Наиболее часто они бывают в июне. Сильные ветры и пыльные бури приносят большой вред сельскому хозяйству. Зимой ветры сдувают с полей снеговой покров и подвергают посевам вымерзанию. Пыльные бури выдувают с поверхности почвы плодородный верхний слой, в результате чего ухудшается структура почвы и оголяется корневая система растений.

Характерной чертой климата являются засухи и суховеи. Причем засухи могут быть различными по продолжительности, они могут продолжаться как один год, так и затягиваться на несколько лет. Кроме того, известны весенние, летние засухи, но чаще всего засуха охватывает два, а иногда и все три сезона. Число дней с атмосферной засухой за теплый период колеблется в среднем от 35 до 45. Из всех типов засух на интенсивные и очень интенсивные приходится 20–30%. Максимальная продолжительность засух может достигать до 85–90 дней. Минимальная продолжительность соответствует 15–20 дням. Особенно губительными для растений на этом фоне являются суховеи. При суховеях среднесуточная температура воздуха выше +20⁰С, а относительная влажность воздуха ниже 30%. Интенсивные суховеи повреждают растения в зависимости от их закаленности и от наличия влаги в почве, особенно они губительны после длительной влажной погоды. Широко распространены суховеи слабой и средней интенсивностью.

Такие типы суховеев оказывают вредное воздействие на растения лишь на фоне длительной засухи.

На основе различий в показателях теплообеспеченности и влагообеспеченности территория разделяется на агроклиматические районы: засушливая область; резко засушливая агроклиматическая область; сухая агроклиматическая область. Засушливая область включает территорию, расположенную западнее р. Иловли, р. Дон и Цимлянского водохранилища. В нее входят Суровикинский и Фроловский административные районы, а также правобережная часть Иловлинского и Калачевского административных районов [142, 148, 151, 171].

2.2 Почвенный покров и особенности почвообразования

Для зонального почвообразовательного процесса в сухих степях характерно наложение солонцового процесса на дерновый (гумусонакопление). Степень солонцеватости к югу возрастает, а гумусированности – падает. Особенностью почвенного покрова зоны распространения каштановых почв является их комплексность – пятнистый характер распределения контуров разновидностей почв [74].

Территория, на которой проводилось исследование, расположена в пределах сухостепной почвенной зоны, в пределах которой выделяются три подзоны: темно-каштановых, каштановых и светло-каштановых почв.

Почвы каштановой зоны являются доминирующими в пределах исследуемой территории. При этом земли сельскохозяйственного назначения в данной зоне составляют 2420,24 тыс. га. Зона характеризуется очень засушливым климатом с гидротермическим коэффициентом от 0,7 до 0,5.

Сухость климата нарастает с северо-запада на юго-восток с увеличением водорастворимых солей в почвообразующих породах на юге, что является важными факторами формирования каштанового типа почвообразования. Также с северо-запада на юго-восток увеличивается

комплексность почв. Причина пятнистости в распределении почв – микрорельеф сухих степей, с которым связаны различия в степени увлажнения и солевом режиме грунтов [64-66].

Темно-каштановая подзона занимает междуречье рек Иловли и Дона в пределах Фроловского и Клетского (правобережье р. Дон) административных районов. Основным геоморфологическим элементом этой местности является Доно-Медведицкая гряда с такими почвообразующими породами как лессовидные суглинки, пески, песчаники, опоковидные глины, мел, мергели. Гряда занимает междуречье Медведицы и Иловли с темно-каштановыми маломощными и среднемощными почвами, развитыми на лессовидных суглинках, с незначительным процентом солонцов в западной части междуречья. В почвенном покрове восточной части гряды широко распространены солонцы, неполноразвитые почвы, сформированные на мелу, опоке, песчанике. Это связано с более интенсивным развитием эрозионных процессов, так как склон этой части более крутой и эрозионно-расчлененный.

Каштановая подзона является преобладающей среди всех на территории исследования. Для каштановой подзоны характерна более ярко выраженная комплексность почв, постоянным компонентом которых являются солонцы. Подзона охватывает Ергенинскую возвышенность в пределах Иловлинского, Суровикинского, частично Калачевского и Дубовского административных районов. Основными почвообразующими породами здесь являются ергенинские пески, лессовидные суглинки, песчано-опоковые коренные породы, красно-бурые скифские глины.

Подзона светло-каштановых почв занимает Ергенинскую возвышенность и Сарпинскую низменность в пределах, Светлоярского, Среднеахтубинского, Ленинского, а также частично Дубовского и Калачевского административных районов. Почвообразующими породами на Ергенинской возвышенности являются лессовидные суглинки и глины. В пределах Сарпинской низменности почвообразующими породами являются

глины и суглинки с повышенным содержанием легкорастворимых солей, подстилаемые сильнозасоленными шоколадными глинами (приложение 1).

Характерно значительное распространение солонцеватых, солончаковатых почв, а также солонцов. Это связано, прежде всего, с засоленными почвообразующими породами и неглубоким залеганием сильноминерализованных грунтовых вод. На подстилаемых песком и супесями тяжелых суглинках или на породах более легкого механического состава формируются несолонцеватые почвы.

В целом на формирование почв в сухостепной зоне оказывают влияние такие процессы почвообразования как гумусонакопление, карбонатизация и осолонцевание.

О масштабах гумусонакопления свидетельствует мощность гумусового горизонта, которая в пределах зоны исследования изменяется от 30 до 17 см. Концентрация гумуса изменяется в пределах 3,28–0,49%. Снижению интенсивности естественного гумусонакопления способствует уменьшение активной массы, количественное обеднение почвенной флоры.

Повышенное содержание углекислой извести (карбонатность), формирует важнейшие черты степных биогеоценозов, вызывая ксерофитизацию растительности. Проявляется в формировании особого почвенного горизонта, насыщенного карбонатами кальция («известки»), который подстилает снизу гумусовый горизонт и служит экраном для веществ, выносимых из него нисходящим водным потоком. Карбонаты могут либо залежать в виде крупных мучнистых прослоек, либо рассеиваться в виде так называемой белоглазки – небольших локальных включений округлой формы. Широкое развитие карбонатов обусловлено, во-первых, их большим содержанием в подстилающих горных породах, а во-вторых, их накоплением в степной растительности. Мигрируя вниз с водными растворами, карбонаты кучно залегают в подгумусовом горизонте. В зоне развития каштановых почв карбонаты нередко образуют сплошные прослойки. Глубина залегания карбонатов зависит от глубины промачивания почвы и, следовательно,

уменьшается к югу по мере уменьшения годовой суммы осадков. В темно-каштановых почвах – 20 см. На юге степей встречаются карбонатные разности степных почв, которые вскипают с поверхности.

Третьим важным процессом степного почвообразования является осолонцевание. Процесс осолонцевания ярче выражен в светло-каштановой подзоне, где почвы развиты на глинистых породах. Солонцеватые горизонты, излишне сухие, плотные или излишне влажные в целом неблагоприятны для почвообитающих организмов. Особенности солонцов является их терморегулирующая роль, способность к набуханию, благодаря чему влага дольше и лучше сохраняется в корнеобитаемом слое и способность экранировать восходящий поток влаги с солями натрия, охраняя тем самым верхний гумусовый горизонт от чрезмерного засоления.

Гумусонакопление, карбонатизация и солонцевание составляют суть процесса степного почвообразования. В закономерном взаимодействии друг с другом они формируют почвенный покров степей, отражая основные зональные черты степного ландшафта [79].

Естественный растительный покров степей характеризуется богатством видов и большой видовой насыщенностью. По количеству видов, произрастающих на 1 м², степная флора не имеет равных среди всех других типов растительности умеренного пояса [64-66, 69-73, 142, 148, 151, 171].

Территория исследования включает белопопынно-злаковую, белопопынно-ромашниково-злаковую и попынно-солянково-злаковую подзоны. Белопопынно-злаковая подзона с начальной мозаикой и пятнами галоидофитного типа растительности целиком совпадает с подзоной темно-каштановых почв и занимает территорию Фроловского административного района, а также междуречье Дона и Иловли в пределах Иловлинского административного района. Белопопынно-ромашниково-злаковая подзона с хорошо выраженной мозаичностью, с пятнами галоидофитного типа растительности совпадает с зоной каштановых и светло-каштановых комплексных почв. Эта подзона занимает подавляющую часть исследуемой

площади и включает территории Дубовского, Иловлинского, Суровикинского, Калачевского, Городищенского административных районов. Полынно-солянково-злаковая подзона с пятнами галофитного и галоидофитного типа растительности занимает территории Среднеахтубинского, Ленинского и Светлоярского административных районов (приложение 2).

Характернейшей особенностью степного ландшафта является развитие кустарниковых зарослей, образованных крушиной, терном, бобовником, дерезой, спиреей, шиповником, жимолостью.

Из культурной растительности наибольшие площади заняты озимыми и яровыми представителями злаковых, такими как пшеница, ячмень, кукуруза, просо. На пшеницу и ячмень приходится большая часть занимаемых культурными растениями земель. Бобовые представлены нутом, горохом и соей. Технические культуры, выращиваемые на полях исследуемой зоны, представлены подсолнечником (астровые), горчицей и рапсом (капустные). Обширные территории пахотных земель заняты картофелем и овоще-бахчевыми культурами. Из бахчевых культур наиболее распространены арбузы и дыни семейства тыквенных. Также в незначительных количествах выращиваются кормовые культуры, представленные однолетними травянистыми растениями, такими как эспарцет (бобовые) и суданская трава (злаки).

В пространственном распределении сельскохозяйственной культурной растительности прослеживаются определенные закономерности. Выращивание овощных и бахчевых культур сосредоточено вблизи крупных городов и автомагистралей. Основной такой зоной является прилегающая территория Волгоградской городской агломерации. К ней относятся Городищенский, Среднеахтубинский, Ленинский и Светлоярский административные районы. При этом возделывание картофеля, овощей и бахчевых также тяготеет к водным источникам, так как в подавляющем большинстве случаев осуществляется с применением орошения.

Возделывание зерновых и технических культур не привязано к источникам воды. Такая растительность занимает значительные площади сельскохозяйственных земель Фроловского, Иловлинского, Дубовского Суровикинского и Калачевского административных районов.

Древесная растительность представлена плодовыми насаждениями и занимает незначительные территории в Иловлинском и Калачевском районах. Эти насаждения включают различные сорта яблонь, такие как Северный сенап, Ренет курский золотой, Гала и др., и вишни.

Рассмотрев физико-географические и агроклиматические условия природной зоны, в пределах которой проводились исследования можно сделать ряд выводов.

Отрицательными сторонами погодно-климатических условий сухостепной зоны Волгоградской области являются периодические засухи, ливневые осадки, суховеи, пыльные бури, гололед в зимнее время и др., однако значительное количество тепловых ресурсов и интенсивная солнечная радиация позволяет выращивать значительный ассортимент сельскохозяйственных культур, в т.ч. теплолюбивых плодовых, огородных и бахчевых культур, а также способствуют формированию в растениеводческой продукции оптимального содержания белков, клейковины, сахаров, органических кислот и др.

Почвы в пределах исследуемой зоны представлены тремя подтипами каштановых: светлокаштановые, каштановые и темнокаштановые. В естественных условиях формируется необходимый запас гумуса для обеспечения достаточно высокого уровня плодородия. Однако, подавляющая часть земель находится в активном использовании под выращивание сельскохозяйственных культур, вследствие чего почвы испытывают большую нагрузку и происходит их постоянное истощение. Климатические условия зоны формируют особые критерии формирования почв, в связи с чем встречается значительное количество неоднородностей в почвенном покрове и для исследуемой зоны характерна мозаичность. Большое распространение

получают почвенные комплексы, особенно это характерно для территорий заволжья и южной части зоны. Типичными в пределах исследуемой зоны являются также солонцы и солончаки, которые формируются в основном в условиях избыточного увлажнения (приложение 3).

В растительном покрове преобладают засухоустойчивые и солнцелюбивые растения. Для естественной растительности основными являются злаковые и ковыли. В более засушливых областях доминирующими становятся полыни. Благоприятные условия для роста злаковых культур определяют основную направленность в сельском хозяйстве на выращивание зерновых культур. Доминирующей сельскохозяйственной культурой в пределах зоны исследования является озимая пшеница. Агроклиматические условия являются благоприятными для получения стабильного урожая. В условиях орошения успешно выращиваются бахчевые и овощные культуры. Наибольший процент земель, занимаемых овощными и бахчевыми культурами в Городищенском и Иловлинском районах.

В целом, агроклиматические и почвенные ресурсы сухостепной почвенной зоны Волгоградской области благоприятны для осуществления сельскохозяйственной деятельности. Основным лимитирующим фактором количества получаемого урожая в условиях достаточной теплообеспеченности является степень увлажнения. К основному лимитирующему фактору почвенной среды стоит отнести степень и состав засоления.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Характеристика реперных участков

Полевые исследования проводились на территории Городищенского, Дубовского, Иловлинского, Калачевского, Ленинского, Светлоярского, Среднеахтубинского, Суровикинского и Фроловского муниципальных районов Волгоградской области, которые приурочены к сухостепной почвенной зоне.

Площадь земель сельскохозяйственного назначения исследуемой территории в пределах этой зоны 2271210 га, что составляет 24,9% от общей площади земель сельскохозяйственного назначения области. Распределение земель по угодьям выглядит следующим образом: пашня – 1396281 га (24,1% от общей площади пашни); пастбища – 721116 га (28,1% от общей площади пастбищ); сенокосы – 69156 га (36,3% от общей площади сенокосов); многолетние насаждения – 16414 га (64,4% от общей площади многолетних насаждений); залежь – 2544 га (57% от общей площади залежи) [71-73].

Реперные участки были расположены в схожих условиях на типичных однородных почвах, что позволило охватить весь спектр подтипов каштановых почв – светло-каштановые, каштановые и темно-каштановые. Кроме того, распределение реперных участков по зоне исследования позволяет выполнить сравнительную оценку характеристик почв, расположенных в различных административных районах области.

Для более широкого охвата внутренней изменчивости почвенных процессов участки были заложены в техногенно-загрязненных зонах, вблизи крупных промышленных предприятий, транспортных магистралей, городов, на полях, где ранее интенсивно применялись средства химизации. Основными источниками загрязнения являлись автотранспорт и промышленные предприятия, а также места складирования агрохимикатов, птицефабрики, животноводческие фермы, карьеры и др. Такое расположение

контрольных участков обусловлено необходимостью учета максимально возможного числа природно-хозяйственных и производственно-технологических условий, чтобы в полной мере характеризовать все многообразие факторов, влияющих на состояние экосистемы [125, 141].

Схема расположения реперных участков на почвенной карте Волгоградской области представлена на рисунке 1.

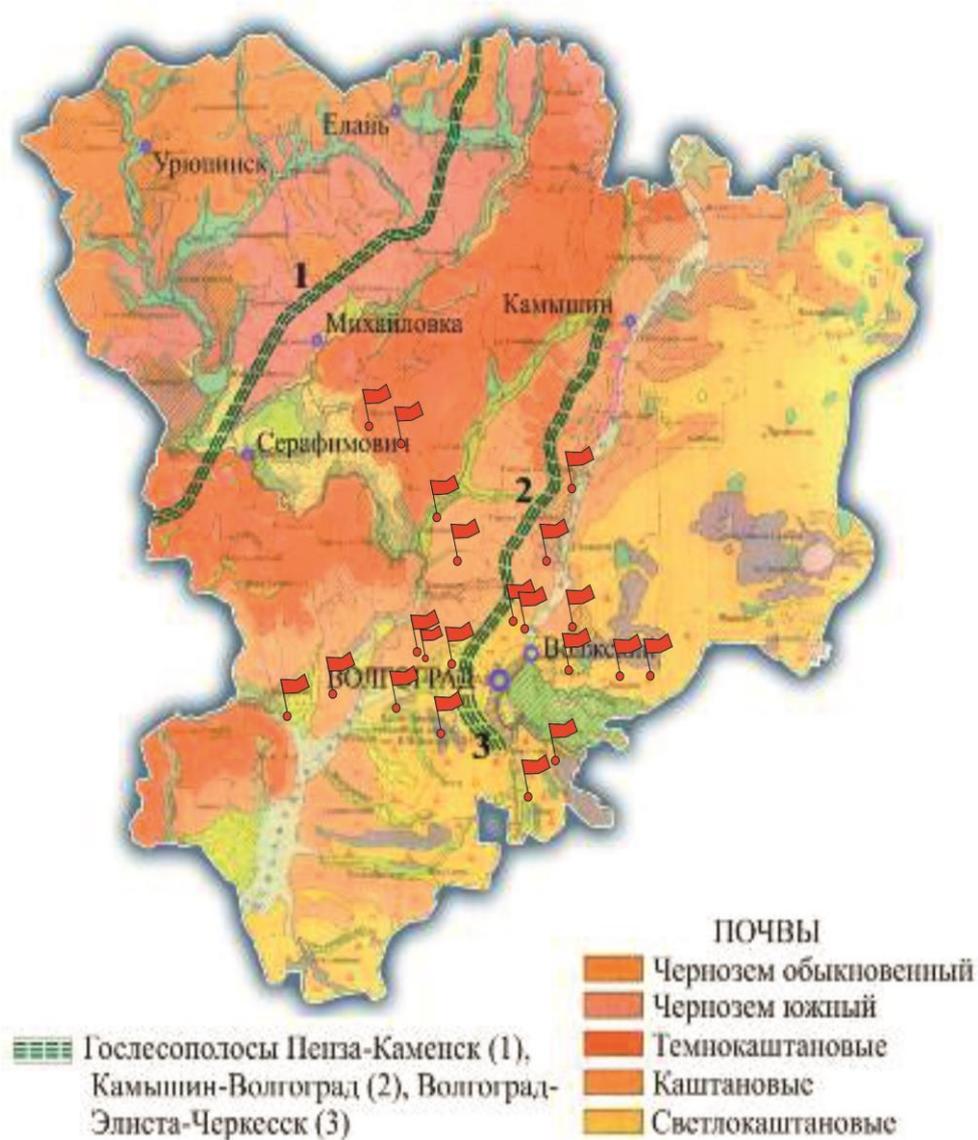


Рисунок 1 - Схема расположения реперных участков

Реперный участок №1 расположен вблизи поселка Карповка Городищенского района. Его площадь составляет 10 га. Ближайшими источниками загрязнений являются фермы – 14 км, заводы – 20 км, ТЭЦ – 20 км, автомобильные и железные дороги – 15 км и карьеры – 10 км. Как видно, реперный участок не расположен в непосредственной близости от источников загрязнения, однако здесь имело место значительное применение средств химизации в прошлом. Подтип почвы на данном участке – светло-каштановая с тяжелосуглинистым гранулометрическим составом. Участок расположен на склоне крутизной 3 градуса на юго-западной экспозиции и подвержен слабой водной эрозии. Среднее значение содержания гумуса в почве составляло 1,74%, содержание фосфора – 29,3 мг/кг, калия – 349 мг/кг. Кислотность почвы в среднем составляла 7,1. Для участка характерна слабая степень хлоридно-сульфатного засоления.

Реперный участок №2 также расположен вблизи поселка Карповка Городищенского района. Характеристики участка схожи с реперным участком №1. Площадь участка равна 10 га. Он расположен на юго-западной экспозиции склона с крутизной 3 градуса и также подвержен слабой водной эрозии. Почва на данном участке светло-каштановая и имеет тяжелосуглинистый гранулометрический состав. Среднее содержание гумуса – 1,6 %, содержание фосфора составляло 28,0 мг/кг, содержание калия – 346 мг/кг, рН – 7,2. Также имеется хлоридно-сульфатное засоление слабой степени. Ближайшими источниками загрязнения являются фермы – 10 км, заводы – 16 км, ТЭЦ – 16 км, авто- и железные дороги – 10 км, карьеры – 16 км.

Реперный участок №3 расположен вблизи поселка Береславка Калачевского района. Площадь реперного участка составляет 5 га. Участок занимает северо-восточную экспозицию склона с крутизной 4 градуса. Почва на участке каштановая, тяжелосуглинистая и подвержена слабой водной эрозии. Среднее значение содержания гумуса в почве составляло 1,92%, содержание фосфора – 51,3 мг/кг, калия – 384 мг/кг. Кислотность почвы в

среднем составляла 7,3. Имеется слабая степень сульфатно-хлоридного засоления. Ближайшими источниками загрязнения являются фермы – 10 км, склады минеральных удобрений и пестицидов – 10 км, заводы – 20 км, ТЭЦ – 20 км, автомобильные и железные дороги – 1,2 км. Основным источником загрязнения является автотрасса А-260 Волгоград-Ростов-на-Дону.

Реперный участок №4 находится вблизи поселка Октябрьского Калачевского района. Площадь участка составляет 10 га. Он расположен на Восточной экспозиции склона крутизной 3 градуса. Почва на участке каштановая, глинистая и подвержена слабой водной эрозии. Среднее содержание гумуса в почве составляло 1,6 %, среднее содержание фосфора – 56,3 мг/кг, среднее содержание калия – 442 мг/кг, среднее значение рН – 7,4. Засоление отсутствует. Ближайшими загрязнителями являются фермы – 5 км, склады минеральных удобрений и пестицидов – 15 км, заводы – 10 км, аэродром – 2 км, ТЭЦ – 10 км, автодорога – 200 м. Как и в случае с реперным участком №3, основным источником загрязнения будет выступать автотрасса А-260 Волгоград-Ростов-на-Дону.

Реперный участок №5 расположен неподалеку от х. Кузнецов Иловлинского района. Площадь его составляет 10 га. Участок расположен на северной экспозиции склона крутизной 5 градусов. Почва каштановая, тяжелосуглинистая, незасоленная. Среднее значение содержания гумуса – 1,78%, содержания фосфора – 44,2 мг/кг, содержания калия – 427 мг/кг. Среднее значение рН – 7,0. Почва подвержена слабой водной эрозии. Основными источниками загрязнения являются птицефабрика и свиноферма – 300 м, завод – 5 км, ТЭЦ – 15 км, автодорога – 500 м. Основными источниками загрязнения на данном участке являются Краснодонский мясокомбинат и автотрасса Р-22 Москва-Волгоград.

Реперный участок №6 расположен вблизи села Кондраши Иловлинского района. Площадь участка составляет 10 га. Он находится на ровной местности с крутизной склона 0,5 градусов. Почва на данном участке каштановая с тяжелосуглинистым гранулометрическим составом,

подверженная слабой водной эрозии. Среднее значение содержания гумуса – 2,23%, содержания фосфора – 55,2 мг/кг, содержания калия – 342 мг/кг. Среднее значение рН – 7,1. Почва также характеризуется слабой степенью хлоридно-сульфатного засоления. Ближайшими загрязнителями являются фермы – 3 км, склады минеральных удобрений и пестицидов – 6 км, карьеры – 5 км и автодорога – 200 м. Как и на двух предыдущих, на данном реперном участке основным источником загрязнения выступает автодорога – Иловля-Ольховка.

Реперный участок №7 расположен вблизи г. Волгоград и г. Городище. Площадь участка составляет 8 га. Он занимает северную экспозицию склона крутизной 3 градуса. Почва на данном участке светло-каштановая, среднесуглинистая, подверженная сильной водной эрозии. Среднее значение содержания гумуса – 1,9%, содержания фосфора – 36,7 мг/кг, содержания калия – 324 мг/кг. Среднее значение рН – 7,2. Степень засоления – слабая, тип засоления – хлоридно-сульфатное. Находящиеся поблизости загрязнители – фермы – 4 км, склады минеральных удобрений и пестицидов – 4 км, заводы – 4 км, аэродром – 15 км, ТЭЦ – 6 км, карьер – 5 км, автодороги и железные дороги – 100 м. Реперный участок расположен в непосредственной близости от городов, поэтому подвержен интенсивному воздействию всех источников загрязнения.

Реперный участок №8 расположен вблизи г. Светлый Яр. Площадь участка составляет 10 га. Он занимает северо-восточную экспозицию склона с крутизной 3 градуса. Почва на участке светло-каштановая, тяжелосуглинистая, подвержена слабой водной эрозии. Среднее значение содержания гумуса – 2,44%, содержания фосфора – 40,4 мг/кг, содержания калия – 626 мг/кг. Среднее значение рН – 7,4. Также почва характеризуется слабой степенью хлоридного засоления. Ближайшие загрязнители – фермы – 2 км, склады минеральных удобрений и пестицидов – 2 км, заводы – 1 км, ТЭЦ – 1 км, автодороги – 500 м, карьеры – 5 км. Реперный участок

расположен в непосредственной близости от г. Светлый Яр и г. Волгоград и таким образом подвержен интенсивному негативному воздействию.

Реперный участок №9 расположен вблизи села Червленое Светлоярского района. Площадь реперного участка – 10 га. Он занимает западную экспозицию склона крутизной 7 градусов, что обуславливает подверженность почвы средней степени водной эрозии. Почва на данном участке светло-каштановая, тяжелосуглинистая. Среднее значение содержания гумуса – 1,8%, содержания фосфора – 51,4 мг/кг, содержания калия – 462 мг/кг. Среднее значение pH – 7,4. Также характерна слабая степень хлоридного засоления. Близлежащими загрязнителями являются фермы – 10 км, склады минеральных удобрений и пестицидов – 8 км, заводы – 1 км, ТЭЦ – 9 км, автомобильные и железные дороги – 500 м, карьеры – 1 км.

Реперный участок №10 расположен вблизи товарищества «Мичуринец» Городищенского района. Площадь реперного участка составляет 3 га. Участок занимает южную экспозицию склона крутизной более 15 градусов. Большая крутизна склона обуславливает подверженность почвы сильной водной эрозии. Почва на участке светло-каштановая, тяжелосуглинистая, со слабой степенью хлоридно-сульфатного засоления. Среднее значение содержания гумуса – 1,84%, содержания фосфора – 39,3 мг/кг, содержания калия – 322 мг/кг. Среднее значение pH – 7,4. Основными источниками загрязнения являются фермы – 1 км, заводы – 1 км, ТЭЦ – 1 км, карьеры – 1 км, автомобильные и железные дороги – 200 м.

Реперный участок №11 расположен вблизи с. Чапаево Дубовского района. Площадь участка составляет 2 га. Экспозиция склона занимаемого участка – южная, крутизна склона – 3 градуса. Почва каштановая, супесчаная, подвержена средней степени водной эрозии. Среднее значение содержания гумуса – 1,82%, содержания фосфора – 43,4 мг/кг, содержания калия – 388 мг/кг. Среднее значение pH – 7,3. Имеется слабое хлоридное засоление. Ближайшими источниками загрязнения являются фермы – 1 км,

склады минеральных удобрений и пестицидов – 1 км, карьеры – 1 км, автодороги – 500 м.

Реперный участок №12 расположен вблизи села Оленье Дубовского района. Участок, площадью 5 га, занимает северо-западную экспозицию склона, крутизной 12 градусов. Почва на участке каштановая, супесчаная, подверженная средней степени водной эрозии. Среднее значение содержания гумуса – 1,8%, содержания фосфора – 29,0 мг/кг, содержания калия – 221 мг/кг. Среднее значение рН – 7,0. Также отмечено наличие слабого хлоридного засоления. Ближайшими источниками загрязнения являются фермы – 3 км, карьеры – 1 км, автодороги – 500 м. Основным источником загрязнения является автодорога Р-228 Волгоград-Саратов.

Реперный участок №13 расположен вблизи г. Волжский и в непосредственной близости от пруда Большой Лиман. Участок занимает площадь 3 га. Данная местность представляет собой ровную поверхность без уклона. Почва в пределах участка светло-каштановая, глинистая, подвержена слабой водной эрозии. Среднее значение содержания гумуса – 1,87%, содержания фосфора – 42,9 мг/кг, содержания калия – 419 мг/кг. Среднее значение рН – 7,3. Отмечена слабая степень хлоридного засоления. Близлежащими источниками загрязнения являются фермы – 1 км, заводы – 5 км, ТЭЦ - 5 км, автодороги – 3 км, карьеры – 2 км. Основным источником загрязнения можно считать Большой Лиман.

Реперный участок №14 расположен вблизи села Заплавное Ленинского района. Площадь участка составляет 2 га. Участок занимает Западную экспозицию склона, крутизна которого составляет 1 градус. Почва в пределах участка светло-каштановая, глинистая, подверженная слабой водной эрозии. Среднее значение содержания гумуса – 1,57%, содержания фосфора – 36,3 мг/кг, содержания калия – 406 мг/кг. Среднее значение рН – 7,3. Так же, как и на предыдущих двух участках имеется слабое хлоридное засоление. Ближайшими источниками загрязнения являются фермы – 1 км, склады

минеральных удобрений и пестицидов – 1 км, заводы – 7 км, ТЭЦ – 6 км, карьеры – 2 км, автодороги – 700 м.

Реперный участок №15 расположен вблизи р. п. Средняя Ахтуба. Площадь участка составляет 3 га. Он занимает южную экспозицию склона с крутизной 1 градус. Почва в пределах участка светло-каштановая, глинистая, подверженная слабой водной эрозии. Среднее значение содержания гумуса – 1,72%, содержания фосфора – 52,8 мг/кг, содержания калия – 430 мг/кг. Среднее значение рН – 7,3. Выявлено слабое хлоридное засоление. Основными источниками загрязнения являются фермы – 1 км, склады минеральных удобрений и пестицидов – 1 км, заводы – 2 км, аэродром – 500 м, ТЭЦ – 2 км, автодорога – 500 м, карьеры – 3 км.

Реперный участок №16 расположен вблизи г. Волжский. Площадь участка составляет 2 га. Он занимает северо-западную экспозицию склона крутизной 3 градуса. Почва каштановая, легкосуглинистая, подверженная слабой водной эрозии. Среднее значение содержания гумуса – 1,86%, содержания фосфора – 48,1 мг/кг, содержания калия – 351 мг/кг. Среднее значение рН – 6,8. Выявлено наличие сульфатного засоления слабой формы. Близлежащими источниками загрязнения являются заводы – 200 м, склады минеральных удобрений и пестицидов – 1 км, аэродромы – 3 км, ТЭЦ – 1,5 км, автодороги – 500 м. Основным источником загрязнения на данном реперном участке является химический завод ООО «Волжский оргсинтез».

Реперный участок №17 расположен вблизи хутора Пятиизбянского Калачевского района. Площадь участка – 10 га. Он занимает северо-восточную экспозицию склона, крутизна которого составляет более 15 градусов. Почва в пределах участка каштановая, тяжелосуглинистая, подверженная слабой водной эрозии. Среднее значение содержания гумуса – 2,25%, содержания фосфора – 33,5 мг/кг, содержания калия – 369 мг/кг. Среднее значение рН – 6,7. Засоление почвы слабое хлоридного типа. Ближайшими источниками загрязнения выступают склады минеральных

удобрений и пестицидов – 6 км, заводы – 6 км, ТЭЦ – 6 км, автодороги – 200 м.

Реперный участок №18 расположен вблизи хутора Бурацкого Суровикинского района. Площадь участка составляет 10 га. Он занимает северо-западную экспозицию склона крутизной 13 градусов. Почва участка каштановая, среднесуглинистая, подверженная слабой водной эрозии, незасоленная. Среднее значение содержания гумуса – 1,77%, содержания фосфора – 31,9 мг/кг, содержания калия – 378 мг/кг. Среднее значение pH – 6,8. Основными источниками загрязнения являются фермы – 1 км, склады минеральных удобрений и пестицидов – 2 км, карьеры – 1 км и автодороги – 200 м.

Реперный участок №19 расположен вблизи хутора Красные Липки Фроловского района. Площадь участка составляет 10 га. Он занимает северную экспозицию склона, крутизной 7 градусов. Почва в пределах участка темно-каштановая, тяжелосуглинистая, подверженная слабой водной эрозии. Среднее значение содержания гумуса – 2,15%, содержания фосфора – 40,0 мг/кг, содержания калия – 366 мг/кг. Среднее значение pH – 6,8. Засоления почвы не выявлено. Основными источниками загрязнения являются фермы – 2 км, склады минеральных удобрений и пестицидов – 3 км, заводы – 1 км, аэродромы – 3 км, карьеры – 1 км и автотрасса Р-22 Москва-Волгоград – 200 м.

Реперный участок №20 расположен вблизи хутора Новая Паника Фроловского района. Площадь участка – 10 га. Занимает он северную экспозицию склона крутизной 1 градус. Почва в пределах участка темно-каштановая, среднесуглинистая, подверженная слабой водной эрозии. Среднее значение содержания гумуса – 1,87%, содержания фосфора – 43,7 мг/кг, содержания калия – 303 мг/кг. Среднее значение pH – 6,6. На участке выявлена слабая степень хлоридного засоления почвы. Основными источниками загрязнения являются фермы – 3 км, заводы – 2 км, ТЭЦ – 2 км, карьеры – 3 км, автотрасса Р-22 Москва-Волгоград – 500 м.

Реперный участок №21 расположен вблизи поселка Горного Городищенского района. Площадь участка составляет 10 га. Он занимает ровную поверхность без уклона. Почва в пределах участка светло-каштановая, тяжелосуглинистая, незасоленная. Среднее значение содержания гумуса – 1,81%, содержания фосфора – 41,7 мг/кг, содержания калия – 338 мг/кг. Среднее значение pH – 7,1. Почва подвержена слабой водной эрозии. Основными ближайшими источниками загрязнения являются фермы – 3 км, склады минеральных удобрений и пестицидов – 3 км, заводы – 5 км, аэродромы – 6 км, ТЭЦ – 5 км, карьеры – 6 км и автодорога Волгоград-Ростов-на-Дону – 200 м.

3.2 Методика проведения исследований

Экспериментальная работа выполнялась в период 2014-2017 гг. путем проведения агроэкологического мониторинга, агрохимического и экологотоксикологического исследования почвенных образцов, определения химического состава и качественных показателей урожая, измерения мощности снежного покрова и химического анализа талой воды.

Оценка динамики содержания в почвах тяжелых металлов за период 2000-2013 гг. была проведена путем анализа многолетних данных агроэкологического мониторинга почв ФГБУ ЦАС «Волгоградский».

Полевые исследования проводились в соответствии с нормативно-методическими нормами, установленными министерством сельского хозяйства Российской Федерации. В процессе полевых работ применялись приемы и оборудование установленного образца, соответствующие нормативно установленным стандартам.

Лабораторные исследования проводились на специализированном поверенном оборудовании в аккредитованной лаборатории ФНБУ ЦАС «Волгоградский» и на кафедре экологии и природопользования ВолГУ.

Химические анализы почвенных и растительных образцов проводились по современным общепринятым методикам и ГОСТ.

Локальный агроэкологический мониторинг проводился на 21 реперном участке, которые заложены на землях сельскохозяйственного назначения, в техногенно–загрязненных зонах. Мониторинг осуществлялся в соответствии с методическими указаниями по проведению локального мониторинга на реперных и контрольных участках, утвержденными Министерством сельского хозяйства России (протокол №14 от 23 марта 2004 г.).

При работе на реперных участках использовались крупномасштабные (1:10000 – 1:25000) и детальные (1:1000 – 1:5000) карты. Картографической основой крупномасштабных карт служили почвенные карты и планы землепользования хозяйств с указанием кадастровых номеров земельных участков (приложение 4).

Отведенное поле разбивалось на четыре одинаковых элементарных участка. На каждом фиксированном участке отбиралось 20 точечных проб, которые объединяются в одну. Отбор осуществляется по двум диагоналям, если участок квадратный и по одной, если он прямоугольный (соотношение сторон 1:2). Из четырех объединенных проб с элементарных участков составляется одна, которая анализируется по всем показателям. Масса пробы почвы не менее 1,5 кг. Точечные пробы на глубину до 20 см отбирались тростевым почвенным буром. Скважины бурились глубинным буром.

На пашне пробы отбирались на глубину пахотного слоя - 0-20 см. На сенокосах и пастбищах – на 0-10, 10-20 см. Также бурились скважины на глубину 100 см и отбирались почвенные образцы по слоям 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 см. Отбор растительных образцов проводился в период уборки урожая методом пробных площадок. Растения срезали на уровне почвы с 1 м² для дальнейшего расчета продуктивности надземной части растений на площадь сельхозугодия [51, 122, 123, 125].

Агрохимические исследования проводились один раз в два года, за исключением определения количества подвижных форм микроэлементов и

серы, проводимого ежегодно. Исследования метрового слоя почв проводились один раз в пять лет.

Комплексный анализ почвенных образцов предусматривал определение следующих показателей по установленным методикам [52 -60, 126, 129]:

- содержание гумуса по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91);

- содержание подвижных форм калия (K_2O) и фосфора (P_2O_5) по методу Мачигина в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26205-91;

- содержание щелочно-гидролизуемого (подвижного) азота - по методу Корнфилда в соответствии с методическими указаниями по проведению анализов почв в зональных агрохимических лабораториях;

- определение рН водной вытяжки в соответствии с ГОСТ 26423-85;

- определение содержания обменных форм кальция (Ca^{+2}), магния (Mg^{+2}) и натрия (Na^{+2}) в соответствии с ГОСТ 26950-86, ГОСТ 26210-91;

- содержание подвижных форм микроэлементов (медь, марганец, цинк, кобальт) в соответствии с ГОСТ Р 50684-94, ГОСТ Р 50685-94, ГОСТ Р 50686-94, и ГОСТ Р 50687-94;

- содержание подвижной серы в соответствии с ГОСТ 26490-85 в модификации ЦИНАО.

Обследование почв по эколого-токсикологическим показателям проводилось ежегодно в начале вегетационного периода растений. Проводимые эколого-токсикологические исследования почвенных образцов включали определение следующих показателей:

- содержание подвижных форм тяжелых металлов (цинк, кадмий, свинец, никель, медь), валовых форм мышьяка и ртути в соответствии с методическими указаниями по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства МСХ от 10.03.1992 г., а также методическими указаниями по определению мышьяка в почвах фотометрическим методом от 26.02.1993 г.;

- мощность дозы гамма-излучения, мкР/час;

- наличие в почве долгоживущих радионуклидов (Sr-90 и Cs-137) Бк/кг в соответствии с ГОСТ Р 54038-2010, ГОСТ Р 54041-2010, инструкцией и методическими указаниями по оценке радиационной обстановки на загрязненной территории от 17.03.1989 г. и методическими указаниями по определению содержания стронция-90 и цезия-137 в почвах и растениях МСХ от 20.05.1993 г.;

Химический состав и качество урожая определялись ежегодно в результате проведения анализов по следующим показателям:

- урожай основной и побочной продукции;

- содержание валовых форм химических элементов (Cu, Zn, Pb, Hg, Cd, As), мг/кг согласно ГОСТ 30178-96, ГОСТ 26930-86, ГОСТ 26927-86, МУ 5178-90;

- наличие радионуклидов (Sr-90 и Cs-137), Бк/кг согласно ГОСТ 32164-2013, ГОСТ 32161-2013, ГОСТ 32163-2013. Методика измерения активности радионуклидов в счетных образцах на сцинтилляционном гамма-спектрометре с использованием программного обеспечения Прогресс, ГП «ВНИИФТРИ», 1999. Методика измерения активности бета-излучающих радионуклидов в счетных образцах с использованием программного обеспечения «Прогресс», ГП «ВНИИФТРИ», 2012.

- влажность, % в соответствии с ГОСТ 13586.5-93, ГОСТ 29305-92, ГОСТ 29143-91, ГОСТ 29144-91, ГОСТ ISO 712-15, ГОСТ 3040-55, ГОСТ 10856-96, ГОСТ 17082.2-95, ГОСТ Р 54951-2012;

- абсолютное сухое вещество, % в соответствии с ГОСТ Р 54895-2012, ГОСТ 31640-2012;

- содержание химических элементов (N, P, K, Ca, Mg), протеина, клетчатки, золы и жира в абсолютно сухом веществе, % в соответствии с ГОСТ 13496.4-93, ГОСТ 32044.1-2012, ГОСТ 28074-89, ГОСТ 26226-95, ГОСТ 26657-97, ГОСТ Р 51420-99, ГОСТ 26570-95, ГОСТ 10846-91, ГОСТ 31675-2012, ГОСТ 10847-74, ГОСТ Р 51411-99, ГОСТ 31700-2012, ГОСТ

32045-2012, ГОСТ 29033-91, ГОСТ 13496.15-97 [5, 62, 122, 123, 124, 126, 127, 129].

При проведении агрохимических и эколого-токсикологических исследования почвенных образцов пробы почвы высушивались до воздушно-сухого состояния в сушилке почвенных проб с подогревом воздуха не выше $+40^{\circ}\text{C}$ или в хорошо вентилируемом помещении при комнатной температуре. Высушенные пробы рассыпались на полиэтиленовой пленке, разминались крупные комки и выбирались включения (корни растений, камни и др.). Затем почва измельчалась на почвенном пробоизмельчителе и просеивалась через сито с круглыми отверстиями диаметром 1-2 мм. Измельченные пробы хранились в специальных контейнерах. Перед анализом почва высыпалась на ровную поверхность, хорошо перемешивалась и распределялась слоем не более 1 см. Проба для анализа отбиралась ложкой или шпателем не менее чем из пяти разных мест, равномерно распределенных по всей поверхности.

Согласно методу Тюрина определение содержания гумуса в почве основано на окислении органического вещества раствором двуххромовокислого калия в серной кислоте и последующем определении трехвалентного хрома, эквивалентного содержанию органического вещества.

Определение трехвалентного хрома осуществлялось на фотоэлектроколориметре ФЭК-3. Относительная погрешность вычислений при данном методе находилась в пределах следующих значений (в %): 20 – при массовой доле органического вещества до 3%; 15 – от 3 до 5%; 10 – от 5 до 15%.

Определение содержания подвижных форм калия и фосфора по методу Мачигина основано на извлечении этих соединений из почвы раствором углекислого аммония концентрацией 10 г/дм^3 при отношении почвы к раствору 1:20. В дальнейшем фосфор определялся в виде синего фосфорно-молибденового комплекса на фотоэлектроколориметре ФЭК-3.

Калий определялся на пламенном фотометре. Предельные значения относительной погрешности результатов составляли (в %): 30 – при массовой доле P_2O_5 в почве до 15 млн^{-1} ; 20 – свыше 15 млн^{-1} ; 10 – при определении K_2O .

Подвижный щелочногидролизуемый азот, определяемый по методу Корнфилда, является, по существу, легкогидролизуемым азотом почвы и характеризует содержание потенциально доступного для растений азота. Определение щелочногидролизуемого азота по Корнфилду основано на гидролизе органических соединений почвы раствором гидроксида натрия $NaOH$ концентрации 1 моль/дм^3 (1 н.). Выделившийся аммиак (с учетом обменного аммония) определяется микродиффузным методом с использованием модифицированных литых чашек Конвея. Аммиак при этом поглощается раствором борной кислоты и оттитровывается серной кислотой.

Метод определения pH водной вытяжки заключался в извлечении водорастворимых солей из почвы дистиллированной водой при отношении почвы к воде 1:5 и определении pH с помощью ионометра.

Обменные формы натрия и калия определялись с помощью их извлечения раствором уксуснокислого аммония концентрации 1 моль/дм^3 при соотношении массы пробы почвы и объема раствора 1:20 и 1:10 соответственно и последующем определении элементов в вытяжке на пламенном фотометре. В водной вытяжке определялся растворимый натрий и в дальнейшем обменный натрий вычислялся по разности. Погрешность метода составляла для натрия (ммоль в 100 г почвы): 0,1 – при содержании обменного натрия до 1 ммоль в 100 г почвы; 0,5 – от 1 до 3 ммоль в 100 г почвы; 0,8 – свыше 3 ммоль в 100 г почвы. Погрешность измерений для калия (в %): 15 – при массовой доле K_2O до 100 млн^{-1} ; 10 – свыше 100 млн^{-1} .

Определение подвижных соединений меди и кобальта осуществлялось по методу Пейве и Ринькиса в модификации ЦИНАО, основанному на извлечении подвижных соединений меди из почвы раствором соляной кислоты и кобальта раствором азотной кислоты концентрации 1 моль/дм^3

соответственно. Последующее определение элементов осуществлялось атомно-абсорбционным и экстракционно-атомно-абсорбционным методом соответственно на приборах СПЕКТР-5-3 и КВАНТ-2А. Метод определения подвижных соединений марганца и цинка основан на их извлечении из почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4,8 и последующем определении атомно-абсорбционным методом.

Метод определения подвижной серы заключался в извлечении ее из почвы раствором хлористого калия, осаждении сульфатов хлористым барием и последующем турбодиметрическом определении их в виде сульфата бария по оптической плотности взвеси.

Определение тяжелых металлов в почвенных образцах проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной и беспламенной атомизацией в соответствии с разработанным ПДК на приборах СПЕКТР-5-3, КВАНТ-2А, КВАНТ.Z, ЮЛИЯ-МК. Мышьяк определялся фотометрическим методом на приборе ФЭК-3. В качестве экстрагентов для извлечения подвижных форм металлов применялся 1 М HNO_3 или 1 М HCl , а также ацетатно-аммонийный буферный раствор с рН 4,8. Экстракция проводилась из отдельных навесок почв в двукратной повторности [121-129].

Содержание валовых форм свинца, кадмия, меди и цинка в растительных образцах определялось методом, основанным на минерализации продукции способом сухого или мокрого озоления и определении концентрации элемента в растворе минерализата методом пламенной атомной абсорбции. Мышьяк определялся колориметрическим методом, основанным на измерении интенсивности окраски раствора комплексного соединения мышьяка с диэтилдитиокарбаматом серебра в хлороформе. Наличие ртути определялось атомно-абсорбционным методом, основанном на окислении ртути, содержащейся в образце, в двухвалентный ион в кислой среде, восстановлении ее в металлическую форму и определении атомно-абсорбционным спектрофотометром ЮЛИЯ-МК.

Определение содержания нитратов проводилось фотометрическим методом, основанным на экстракции нитратов из продукта, восстановлении их до нитритов на кадмиевой колонке с последующим фотометрированием раствора азосоединения, образующегося при взаимодействии нитритов с ароматическими аминами.

Наличие в растительной продукции радионуклидов определялось в соответствии с установленной методикой. Отбор проб пищевых продуктов состоял из отбора точечных проб, составления объединенных проб и формирования из них средних проб. Пробы проходили первичную обработку и подвергались измельчению с целью лучшего усреднения пробы и увеличения массы пробы для размещения в измерительном приборе. Радионуклиды Cs-137 и Sr-90 определялись на комплексе ПРОГРЕСС-2000.

Процент влажности определялся с предварительным взвешиванием образцов с точностью до второго десятичного знака и подсушиванием в сушильном шкафу СЭШ-3М при температуре $+130^{\circ}\text{C}$ в течение 40 минут. После этого образцы переносились в эксикатор, где охлаждались 15-20 минут и затем взвешивались с точностью до второго десятичного знака.

Измерение сухого вещества зерновой продукции осуществлялось с применением пурки и заключалось в заполнении зерном мерной емкости с грузом вместимостью 1 дм^3 и измерении массы зерна взвешиванием на весах с последующим из результата взвешивания массы пустой мерки с грузом. Определение сухого вещества растительной продукции заключалось в высушивании навески при температуре $+130^{\circ}\text{C}$ в течение 40 минут, охлаждении в эксикаторе и дальнейшем взвешивании.

Метод определения азота и протеина в растительной продукции заключался в озолении органического вещества серной кислотой в присутствии катализатора, подщелачивании продукта реакции, отгонке и титровании выделяющегося аммиака, вычислении массовой доли азота и расчете массовой доли протеина путем умножения полученного результата на коэффициент пересчета массовой доли азота на массовую долю протеина,

равный 6,25. Определение фосфора заключалось в минерализации пробы способом сухого или мокрого озоления с образованием солей ортофосфорной кислоты и последующем фотометрическом определении фосфора в виде окрашенного в желтый цвет соединения – гетерополикислоты, образующегося в кислой среде при смешивании с молибдованадатным реактивом.

Зольность зерновой продукции определялась путем сжигания пробы в присутствии кислорода воздуха при температуре $+900^{\circ}\text{C}$ в муфельной печи до полного сгорания органического вещества и последующем взвешивании полученного остатка. Зольность растительности определялось путем предварительного измельчения до размера частей 1-3 см и последующим высушиванием в сушильном шкафу при температуре $+60\dots+65^{\circ}\text{C}$. Воздушно-сухая проба измельчалась на мельнице и сжигалась в печи при температуре $+525^{\circ}\text{C}$ в течение 4-5 часов. После сжигания проба охлаждалась и взвешивалась. Кальций определялся атомно-абсорбционным методом, основанном на сравнении поглощения резонансного излучения свободными атомами кальция, образующимися в пламени при введении в него анализируемых растворов золы и растворов сравнения с известной концентрацией данного элемента.

Сущность метода определения жира в растительных образцах заключается в экстракции жира н-гексаном, последующем удалении растворителя, высушивании в сушильном шкафу при температуре $+70^{\circ}\text{C}$ в течение часа, взвешивании жира и титровании извлеченных свободных жирных кислот раствором КОН концентрации $0,1$ моль/дм³.

Белок определялся по методу, заключающемуся в минерализации органического вещества серной кислотой в присутствии катализатора с образованием сульфата аммония. В дальнейшем сульфат аммония разрушается щелочью с выделением аммиака. Далее аммиак отгоняется водяным паром в раствор серной или борной кислоты и титруется.

Клетчатка определялась по методу Геннеберга и Штомана, который основан на последовательной обработке пробы растворами кислоты и щелочи, озолинии и количественном определении органического остатка весовым методом. Содержание клетчатки выражалось в виде массовой доли в % [52, 53-60, 121-129];

В настоящее время существует несколько методов бонитировки почв, основанных на сопоставлении показателей почвенного плодородия. Количество учитываемых показателей и способы расчета балла бонитета различны для каждой методики, что позволяет выбрать оптимальный способ для конкретных почвенных разностей [8, 106, 107].

Расчет балла плодородия почв производился нами по методу ЦИНАО. Этим методом оценивают кислотность почв, содержание гумуса, фосфора, калия, кальция, магния, основных микроэлементов, сумму поглощенных оснований и степень насыщенности почв основаниями (приложение 6-14).

Относительный балл плодородия почв рассчитывался по следующей схеме [126, 129].

1. Определялся балл плодородия почв по каждому показателю (за исключением гидролитической кислотности и при рН выше оптимума) по формуле (формула 4):

$$B_n = \frac{X}{A} \cdot 100, \quad (4)$$

где

B_n – относительный балл показателя плодородия почв;

X – фактическое значение агрохимического показателя;

A – оптимальное значение агрохимического показателя.

Для гидролитической кислотности и при рН выше оптимума применялась следующая формула (формула 5):

$$B_{H_2(pH)} = \frac{100 \cdot H_{\Gamma}(pH)_{opt}}{H_{\Gamma}(pH)}, \quad (5)$$

где

H_{opt} – оптимальное значение кислотности;

H_2 – фактическое значение кислотности.

Дополнительные условия при решении задачи:

- если рассчитанный оценочный балл основных показателей (рН, H_{Γ} , P_2O_5 , K_2O , гумус) больше 120, то результат приравнивается к 120;

- если оценочный балл сопутствующих показателей (Са, Mg и др.) больше 100, то результат приравнивается к 100.

2. Устанавливался суммарный оценочный балл основных показателей (формула 6):

$$B_1 = \frac{B_{pH} + B_{H_{\Gamma}} + B_{P_2O_5} + B_{K_2O} + B_{\Gamma}}{m}, \quad (6)$$

где

m – количество показателей, участвующих в расчете.

3. Рассчитывался оценочный балл сопутствующих показателей (формула 7):

$$B_2 = \frac{B_{Ca} + B_{Mg} + \dots B_V}{m}, \quad (7)$$

4. Находили общий оценочный балл по полю или участку (формула 8):

$$B = 0,5 \cdot (B_1 + B_2). \quad (8)$$

В методиках бонитировки почв использовалась интегрированная шкала, по которой почвы и земли распределяются по классам и общей характеристике на лучшие, средние, худшие и др. в зависимости от значения балла бонитета. За максимальное значение принимается значение балла бонитета, равное 100 (таблица 2).

Особенностью применяемой в работе методики является возможность превышения баллом бонитета значения 100. Данный эффект возможен, поскольку, согласно формуле 1, расчет производится с применением конкретного оптимального значения показателя. В случае, если фактическое содержание в почве какого-либо показателя превышает оптимальное значение для данного показателя, балл бонитета будет превышать значение 100.

Таблица 2 - Шкала оценки почв и земель [129]

Класс бонитета почв и оценки земель	Балл бонитета почв и оценки земель	Общая характеристика качества почв и земель
X	91-100	Лучшие почвы и земли
IX	81-90	
VIII	71-80	
VII	61-70	
VI	51-60	Средние почвы и земли
V	41-50	
IV	31-40	
III	21-30	Худшие почвы и земли
II	11-20	
I	1-10	

На каждом реперном участке был рассчитан общий балл бонитета, а также балл бонитета отдельно по основным показателям плодородия и по сопутствующим. Сопутствующими показателями плодородия в данном случае выступают микроэлементы и сумма поглощенных оснований. Вычисление балла бонитета почвенного плодородия по основным и сопутствующим показателям позволяет выявить показатели, которые находятся в зоне оптимума [8, 35, 160].

4. ЭКОЛОГО-АГРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ СУХОСТЕПНОЙ ПОЧВЕННОЙ ЗОНЫ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

4.1 Агрохимическая оценка состояния почв

Агрохимическое обследование почв проводилось на территории Фроловского (подзона темно-каштановых почв), Городищенского, Дубовского, Иловлинского, Калачевского, Суровикинского (подзона каштановых почв), Ленинского, Светлоярского, Среднеахтубинского (подзона светло-каштановых почв) муниципальных районов Волгоградской области, которые приурочены к сухостепной почвенной зоне.

В результате проведенного агрохимического обследования почв установлено, что почвы земель сельскохозяйственного назначения сухостепной зоны Волгоградской области относятся к слабо- и средне гумусированным (таблица 3). Наибольшее значение показателя – до 2,95% отмечалось в почвах Фроловского района, наименьшее – 1,6% - в почвах Ленинского района. Анализируя многолетнюю динамику содержания гумуса в почвах исследуемой территории можно отметить положительную тенденцию увеличения этого показателя в период 2015-2017 гг.

Почвы на большей части исследованной территории характеризуются слабой степенью хлоридно-сульфатного, сульфатно-хлоридного и хлоридного засоления, низким содержанием гидролизуемым азота, средним – подвижного фосфора, повышенным – обменного калия. Содержание подвижного фосфора в почвах различных районов области варьирует от 7,3 (Городищенский р-н, 2005 г.) до 134,4 (Светлоярский р-н, 2009 г.) мг/кг, обменного калия – от 110 (Дубовский р-н, 2011 г.) до 800 (Ленинский, Дубовский р-ны, 2001 г.; Светлоярский р-н, 2005, 2007 гг.; Иловлинский р-н, 2007 г.) мг/кг. Содержание серы, как элемента питания, в почвах сухостепной

зоны колеблется от 4,0 до 9,4 мг/кг почвы, что свидетельствует о средней степени обеспеченности.

Реакция почвенного раствора в почвах варьирует от среднекислой (4,8) на участках Среднеахтубинского района до слабощелочной (7,8) в Калачевском районе.

Обеспеченность пахотного слоя исследуемой территории микроэлементами сильно варьировало по годам исследований: содержание меди – от 0,03 до 0,57 мг/кг, цинка – от 0,21 до 2,46 мг/кг, кобальта – от 0,01 до 0,12 мг/кг, марганца – от 1,9 до 47,1 мг/кг.

В целом можно отметить, что по степени гумусированности светло-каштановые почвы выделяются большим содержанием гумуса, чем каштановые и темно-каштановые. Согласно научно обоснованной системе сухого земледелия, для обеспечения бездефицитного баланса питательных веществ на территории Волгоградской области требуется ежегодно вносить не менее 65 кг д.в минеральных удобрений на гектар посевной площади. В настоящее время в почвы вносится не более 15 кг/га действующего вещества удобрений, что негативно сказывается на уровне почвенного плодородия. Научно обоснованная система удобрений предусматривает использование минеральных и органических удобрений с обязательным применением микроудобрений на фоне рекомендуемой для зоны сухого земледелия агротехники.

В результате проведенных исследований по определению наличия радиоактивного загрязнения почв установлено, что содержание радионуклидов в почвах исследуемой зоны во все годы исследований было значительно ниже установленных нормативов (эффективной удельной активности 370 Бк/кг). Среднемноголетние значения содержания стронция-90 в почве находились в пределах 2,0-6,1 Бк/кг, цезия-137 – в пределах 4,2-11,1 Бк/кг, при этом максимальные значения содержания радионуклидов в годы исследования отмечались на реперных участках Калачевского района.

Таблица 3 -Агрехимические показатели почвенного плодородия на реперных участках, в среднем за 2000-2017 гг.

№	Район	Гумус, %	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг	pH	Нг, мг*экв /кг	Са++, мг*экв/кг	Мg++, мг*экв/кг	Na++, мг*экв/кг	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Co, мг/кг	Mn, мг/кг	S, мг/кг
1	Городищенский	1,73	29,4	348	7,1	0,51	22,4	4,98	0,40	0,24	0,60	0,05	20,2	6,3
2	Городищенский	1,60	28,0	346	7,2	0,42	20,9	6,87	0,43	0,24	0,65	0,06	21,2	5,3
3	Калачевский	1,92	51,3	384	7,3	0,44	19,6	6,80	0,58	0,25	0,89	0,04	27,9	8,8
4	Калачевский	1,60	56,3	442	7,4	0,36	22,1	5,66	0,68	0,22	0,99	0,04	22,8	8,1
5	Иловлинский	1,78	44,2	427	7,0	0,72	18,2	4,17	0,34	0,16	0,57	0,05	14,6	4,7
6	Иловлинский	2,23	55,2	342	7,1	0,70	17,6	4,76	0,34	0,19	0,85	0,06	16,0	5,1
7	Городищенский	1,90	36,7	324	7,2	0,56	20,6	4,40	0,36	0,23	0,81	0,05	22,0	4,3
8	Светлоярский	2,44	40,4	626	7,4	0,44	20,3	6,59	0,60	0,31	0,92	0,05	24,5	9,4
9	Светлоярский	1,80	51,4	462	7,4	0,37	20,0	4,97	0,51	0,24	0,83	0,04	22,0	7,3
10	Городищенский	1,84	39,3	322	7,4	0,42	15,5	3,55	0,42	0,29	1,26	0,05	20,0	5,8
11	Дубовский	1,82	43,4	388	7,3	0,49	15,6	3,41	0,33	0,21	0,88	0,04	21,6	8,8
12	Дубовский	1,80	29,0	221	7,0	0,71	12,4	2,68	0,24	0,20	0,64	0,04	12,8	4,0
13	Ленинский	1,87	42,9	419	7,3	0,45	19,3	6,33	0,62	0,29	0,82	0,04	22,8	5,8
14	Ленинский	1,57	36,3	406	7,3	0,45	20,0	6,67	0,83	0,30	0,75	0,04	19,7	6,2
15	Ср. Ахтубинский	1,72	52,8	430	7,3	0,43	19,7	4,82	0,54	0,26	0,74	0,05	22,2	6,2
16	Ср. Ахтубинский	1,86	48,1	351	6,8	0,78	15,4	4,90	0,46	0,29	2,10	0,05	21,6	7,5
17	Калачевский	2,25	33,5	369	6,7	1,19	21,3	6,36	0,42	0,19	0,53	0,07	21,5	4,9
18	Суровикинский	1,77	31,9	378	6,8	0,80	19,8	5,59	0,43	0,19	0,58	0,06	19,4	5,7
19	Фроловский	2,15	40,0	366	6,8	1,03	20,7	5,76	0,29	0,13	0,56	0,05	13,8	5,2
20	Фроловский	1,87	43,7	303	6,6	1,38	14,0	3,64	0,28	0,13	0,50	0,05	14,8	6,7
21	Городищенский	1,81	41,7	338	7,1	0,52	21,1	6,97	0,57	0,18	0,65	0,04	18,4	7,3

4.2 Эколого-токсикологическая оценка почв

Качественное состояние почв имеет определяющее значение в стабильном развитии природно-хозяйственных систем. Важной характеристикой качественного состояния почв является эколого-токсикологическая.

Эколого-токсикологическая оценка почв проводилась по следующим элементам:

Подвижная форма - цинк (Zn), кадмий (Cd), свинец (Pb), никель (Ni), медь (Cu);

Валовая форма – мышьяк (As), ртуть (Hg).

Согласно ГН 2.1.7.2041-06. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве» [45] и ГН 2.1.7.2042-06 «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве» содержание тяжелых металлов в почве определялось в соответствии с нормативами, представленными в таблице 4.

Таблица 4 - Предельно допустимые концентрации подвижных форм тяжелых металлов в почве, мг/кг [45]

Подвижная форма					Валовая форма	
Zn	Cd (ОДК)	Pb	Ni	Cu	As	Hg
23,0	0,5-2,0	6,0	4,0	3,0	2	2,1

Анализ данных, полученных с реперных участков за период 2000-2017 гг. показывает, что содержание цинка в почве соответствовало установленным нормативам и было существенно ниже предельно-допустимых концентраций (ПДК). Такая ситуация наблюдалась на всех реперных участках на протяжении всего временного периода проведения исследований. Максимальная концентрация элемента была зафиксирована на

реперных участках №17 и №18 в 2007 году – 13,52 мг/гк и 12,36 мг/кг соответственно.

Предельно допустимая концентрация кадмия в почве до сих пор не определена и в качестве лимитирующего значения утверждена ориентировочно-допустимая концентрация. Установлено, что на протяжении всего периода исследования содержание кадмия в почвах реперных участков не превышало даже минимального порога ориентировочно-допустимой концентрации 0,2 мг/кг и варьировало в пределах 0,01-0,2 мг/кг.

Среднее содержание свинца в почвах реперных участков находилось в пределах ПДК за исключением периода исследования 2000-2004 гг., когда было зафиксировано снижение концентрации этого элемента. Причем, в 2000 году содержание свинца превышало ПДК и составляло 6,64 мг/кг. В 2001 году было зафиксировано резкое снижение содержания свинца, что можно объяснить вероятным поступлением свинца с атмосферными осадками ранее 2001 года. В течение последующего временного периода содержание свинца оставалось на одном уровне с незначительными отклонениями и составляло порядка 5 мг/кг. Наивысшая концентрация свинца в почве наблюдалась на реперном участке №10 – 10 мг/кг в 2012 году и 9 мг/кг - в 2013 году. В отдельные годы на большинстве участков значения содержания этого элемента превышали ПДК, но после 2013 года прослеживалось снижение концентрации свинца в почве. На реперных участках №4, №5, №11 и №12 превышения ПДК в течение всего периода исследования не выявлено.

В результате проведенных исследований было выявлено загрязнение почв реперных участков никелем. Концентрация этого элемента на всех реперных участках превышала ПДК в среднем в 2-3 раза за исключением реперных участков №11 и 12 (Дубовский р-н) на которых превышение ПДК было менее значительным. Отмечено, что общая тенденция изменения содержания никеля в почве имеет волновой характер. Так, снижение концентрации элемента отмечено в периоды 2000-2004 гг., 2007-2009 гг., 2011-2015 гг. Рост среднего содержания никеля зафиксирован в периоды

2004-2007 г., 2009-2011 гг. и 2015-2017 гг. Причем за первый период роста концентрация элемента повысилась более, чем в 2 раза.

Стоит отметить значительные изменения содержания элемента по годам на большей части реперных участков. Исключения составляют реперные участки №9, №13 и №17, на которых изменения содержания элемента по годам менее выражены.

Концентрация никеля достигала наивысших значений на участке №1 – 15,3 мг/кг в 2010 году, участке №14 – 18,7 мг/кг в 2006 году, участке №15 – 15 мг/кг в 2010 году, участке №19 – 15,8 мг/кг в 2010 году, участке №21 – 15,8 мг/кг в 2007 году. В период 2006-2007 гг. и в 2011 году наблюдалось резкое повышение содержания никеля в почвах на большинстве реперных участков. Такая ситуация могла быть связана в первую очередь с периодами активности промышленных предприятий. Повышения и понижения содержания элемента в почвах совпадает с периодами экономических кризисов и периодами роста промышленного производства на территории Волгоградской области.

Содержание в почве меди, как и никеля на протяжении всего периода наблюдений находилось на очень высоком уровне. На всех реперных участках зафиксировано превышение ПДК в среднем в 2-2,5 раза. Рассматривая динамику изменения содержания меди на разных реперных участках, можно отметить следующее: на реперных участках №10, №11, №12, №14, №15, №16 и №18 наблюдались значительные отклонения значений по годам от среднего значения содержания элемента. На остальных реперных участках концентрация элемента в почве незначительно отклонялась от средних значений.

Общей тенденцией содержания меди в почвах на реперных участках являлся постоянный определенный уровень элемента на протяжении всего временного периода проведения исследований, что может свидетельствовать о постоянном стабильном поступлении загрязняющего элемента в почвенный покров.

Наивысших значений содержание меди в почвах достигало на следующих реперных участках: реперный участок №3 – 9,9 мг/кг в 2005 году; реперный участок №8 – 11,9 мг/кг в 2005 году и 11,4 мг/кг в 2015 году; реперный участок №13 – 10,6 мг/кг в 2000 году и 10,0 в 2016 году; реперный участок №15 – 10,3 мг/кг в 2010 году; реперный участок №16 – 11,3 мг/кг в 2006 году и 10,4 мг/кг в 2007 году; реперный участок №18 – 10 мг/кг в 2005 году.

Наименьшие значения концентрации меди были выявлены на реперных участках №4, №11, №17 - не более 8,5 мг/кг. На реперном участке №20 концентрация не превышала 8 мг/кг.

Содержание мышьяка на всех реперных участках превышало ПДК в среднем в 2,5-3 раза. При этом значительные изменения концентрации по годам выявлены на реперных участках №7, №8, №12 и №15. На остальных участках наблюдается равномерная динамика концентрации в течение всего временного периода проведения исследований. Практически для всех участков характерно снижение содержания мышьяка в период 2000-2002 гг., за исключением участков №16 и №17, где было отмечено повышение уровня этого элемента. Также для большинства участков характерно повышение концентрации элемента до определенного уровня и сохранение этого значения в период с 2004-2005 гг. по 2010-2011 гг. Однако, такая ситуация не характерна для реперных участков №8, №9, №10, №13, №15, №16 и №18. Так, на участках №8, №9, №13 и №18 было отмечено снижение концентрации элемента, причем на участке №8 этот процесс происходил волнообразно. На участках №10 и №16 содержание мышьяка оставалось на одном уровне. На участке №15 происходило волнообразное изменение содержания элемента в почве.

В последние годы тенденция изменения содержания мышьяка также различна на разных участках. На реперных участках №1, №3, №10, №11 и №16 можно отметить тенденцию к снижению содержания элемента. На реперных участках №5, №6, №12, №14, №17, №18, №19, напротив,

содержание мышьяка незначительно увеличивалось. На остальных участках концентрация элемента в почве оставалась на одном уровне. Наивысшие значения содержания мышьяка в почве были отмечены на реперных участках №1 (9,8 мг/кг в 2000 году) и №2 (9,6 мг/кг в 2000 году). Наименьший средний уровень содержания мышьяка выявлен на участке №16 - 5,96 мг/кг.

Содержание ртути на всех реперных участках было в десятки раз меньше ПДК. Исходя из этого, можно отметить, что изменения содержания ртути в почве при таких показателях не являются значимыми. Наивысшая концентрация элемента была отмечена в 2000 году на реперном участке №19 (0,08 мг/кг) и реперном участке №18 (0,17 мг/кг). Такие дозы ртути в почве при ПДК равной 2,1 мг/кг не представляют потенциальной опасности. Кроме того, наивысшие концентрации элемента – близкие к значению 0,1 мг/кг – наблюдались лишь в 2000-2002 гг. В последующие годы концентрация ртути в почвах существенно снизилась и установилась вблизи значения 0,01-0,02 мг/кг. Такая ситуация была характерна для всех реперных участков (приложение 6).

В результате проведенных исследований были выявлены средние многолетние концентрации загрязняющих элементов в почвах для каждого реперного участка и построены диаграммы концентрации элементов.

Установлено, что содержание среднемноголетних концентраций в почвах реперных участков подвижных форм цинка, кадмия и валовой формы ртути не превышало значений ПДК и ОДК в течение всего изучаемого временного периода. Так, максимальная среднемноголетняя концентрация цинка была зафиксирована на реперных участках №6 в Иловлинском районе и №16 в Среднеахтубинском районе и составляла 6,67 мг/кг и 6,71 мг/кг соответственно. Минимальная концентрация данного элемента была выявлена на реперных участках №11 и №12 в Дубовском районе – 3,94 мг/кг и 3,65 мг/кг соответственно.

Среднегодушная концентрация кадмия в почвах реперных участков в период 2000-2017 гг. составляла в среднем 0,1-0,13 мг/кг, что значительно ниже показателя ОДК.

Среднегодушная концентрация ртути в почвах составляла в среднем 0,014-0,025 мг/кг, что на несколько порядков ниже уровня ПДК (2,1 мг/кг).

По другим загрязняющим элементам - никелю, меди и мышьяку были выявлены значительные превышения их среднегодушных концентраций уровней ПДК [22-25]. Показатели концентрации тяжелых металлов приведены на рисунках 2-5.

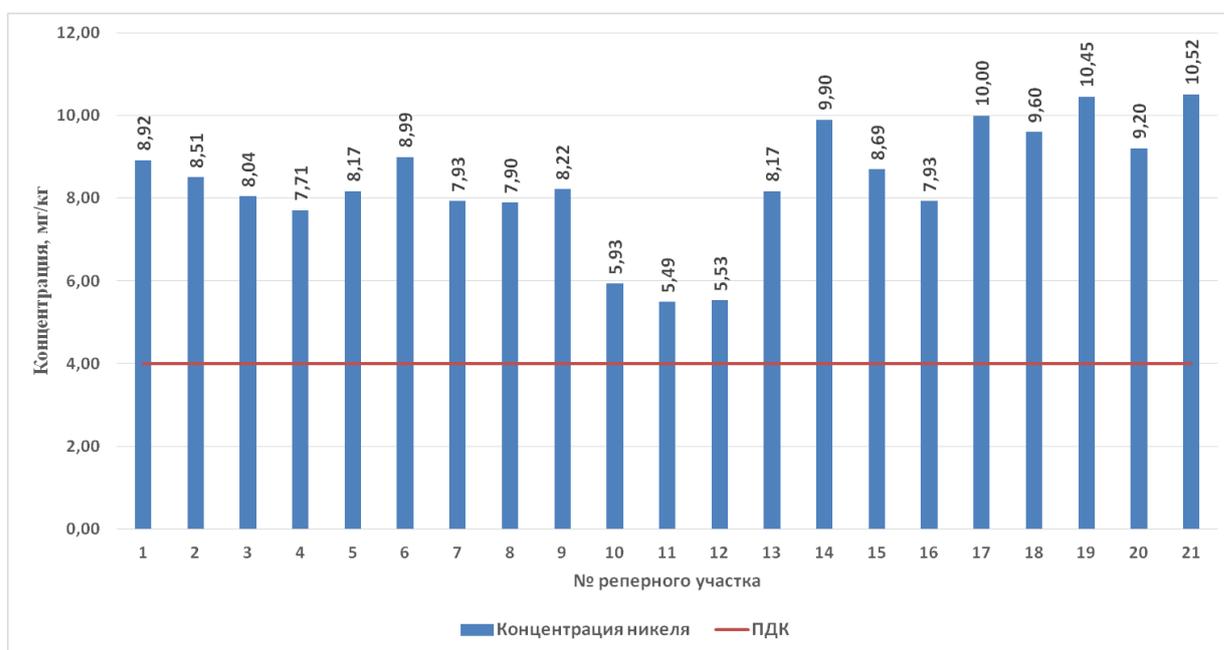


Рисунок 2 - Среднегодушная концентрация никеля (Ni) в почве на реперных участках. Реперные участки: Городищенский р-н – 1,2,7, 10, 21; Дубовский р-н – 11,12; Иловлинский р-н – 5,6; Калачевский р-н – 3,4,17; Ленинский р-н – 13,14; Светлоярский р-н – 8,9; Среднеахтубинский р-н – 15,16; Суrowикинский р-н – 18; Фроловский р-н – 19,20.

Как видно из рис. 2, наименьшие среднегодушные значения содержания никеля в почве (менее, чем в 1,5 раза) были зафиксированы на реперных участках №10 (Городищенский район), №11 и №12 (Дубовский район). На остальных реперных участках зафиксировано превышение ПДК в среднем в 2-2,5 раза. Наибольшие значения содержания того элемента (9,90-

10,52 мг/кг) были отмечены на реперных участках №14 (Ленинский р-н), №17 (Калачевский р-н), №19 (Фроловский р-н) и №21 (Городищенский р-н). Повышенное содержание никеля на вышеуказанных участках может быть обусловлено их расположением недалеко (в пределах 200-300 м) от крупных автодорог.

Установлено, что среднемноголетняя концентрация свинца в почвах реперных участков за весь период исследований не превышала значения ПДК (6,00 мг/кг). На реперных участках №8 (Светлоярский р-н) и №21 (Городищенский р-н) были зафиксированы наибольшие значения среднемноголетней концентрации свинца (5,47 и 5,45 мг/кг соответственно), которые близки к значениям ПДК. Наименьшие значения концентрации этого элемента (3,22-3,25 мг/кг) отмечались на реперных участках №11 и №12 (Дубовский район) (рисунок 3).

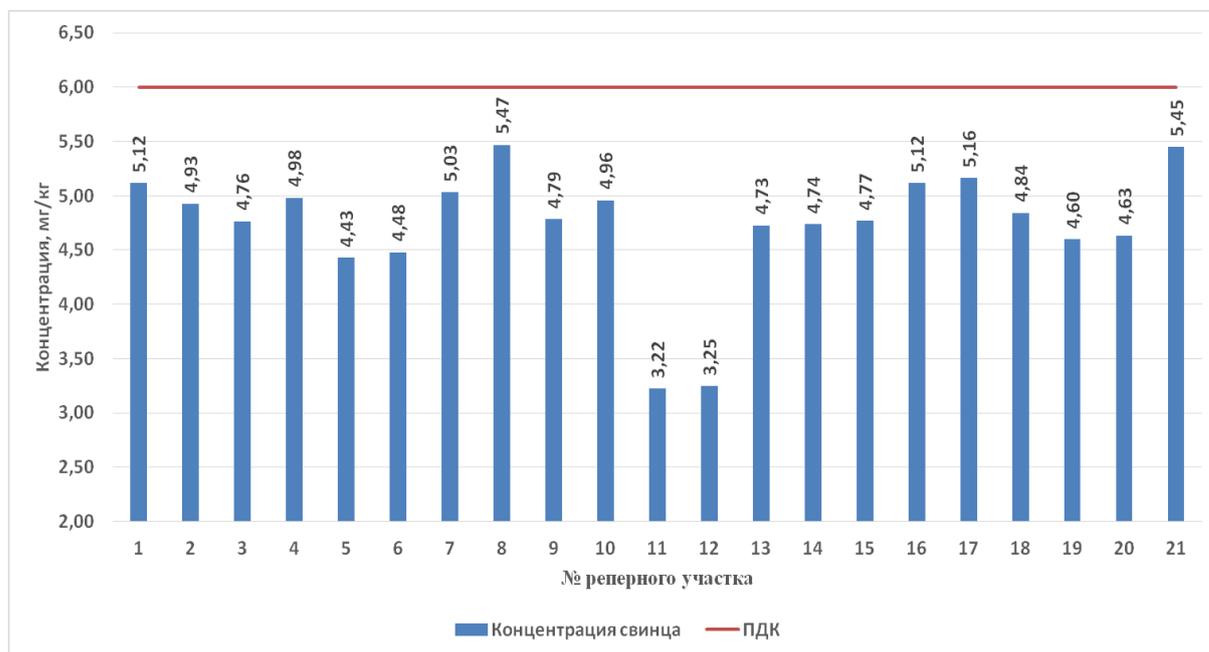


Рисунок 3 - Среднемноголетняя концентрация свинца (Pb) в почве на реперных участках. Реперные участки: Городищенский р-н – 1,2,7, 10, 21; Дубовский р-н – 11,12; Иловлинский р-н – 5,6; Калачевский р-н – 3,4,17; Ленинский р-н – 13,14; Светлоярский р-н – 8,9; Среднеахтубинский р-н – 15,16; Суровикинский р-н – 18; Фроловский р-н – 19,20.

Среднемноголетняя концентрация меди превышала значение ПДК на всех реперных участках. Наименьшие значения зафиксированы на реперных участках №11 и №12 – Дубовский р-н, где содержание меди в почве превышало ПДК менее, чем в 1,5 раза. Наибольшие значения зафиксированы на реперных участках №1 – Городищенский р-н и №16 – Среднеахтубинский р-н, на которых концентрация меди превышала ПДК в 2,5 и 3 раза соответственно. На остальных реперных участках содержание меди также превышало ПДК в 2-2,5 раза. Повышенное содержание меди на реперных участках №1 и №16 может быть связано с расположением участков вблизи промышленных предприятий (рисунок 4).

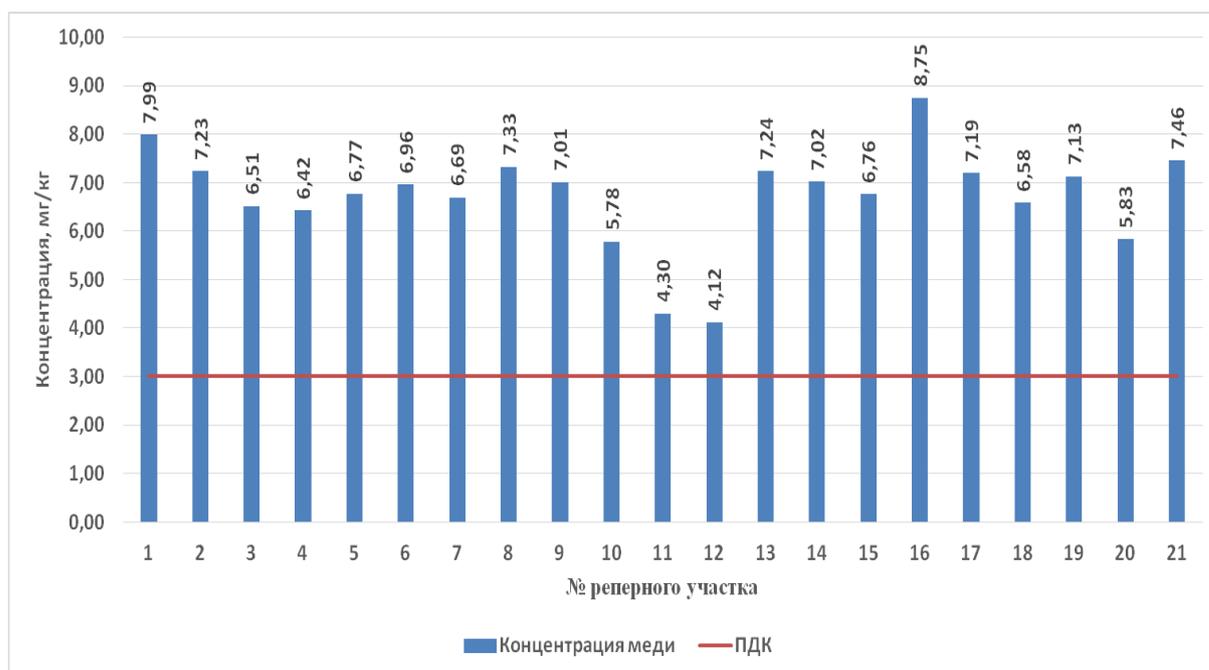


Рисунок 4 - Среднемноголетняя концентрация меди (Cu) в почве на реперных участках. Реперные участки: Городищенский р-н – 1,2,7, 10, 21; Дубовский р-н – 11,12; Иловлинский р-н – 5,6; Калачевский р-н – 3,4,17; Ленинский р-н – 13,14; Светлоярский р-н – 8,9; Среднеахтубинский р-н – 15,16; Суровикинский р-н – 18; Фроловский р-н – 19,20.

В результате проведенных исследований установлено, что среднемноголетнее содержание в почвах валовой формы мышьяка в годы исследований превышало ПДК на всех реперных участках. Наибольшие значения показателя зафиксировано на реперных участках №1, №2

(Городищенский р-н) – 8,50 мг/кг, №3 и №4 (Калачевский р-н) – 8,16-8,20 мг/кг, что превышало уровень ПДК в среднем в 4 раза (рисунок 5).

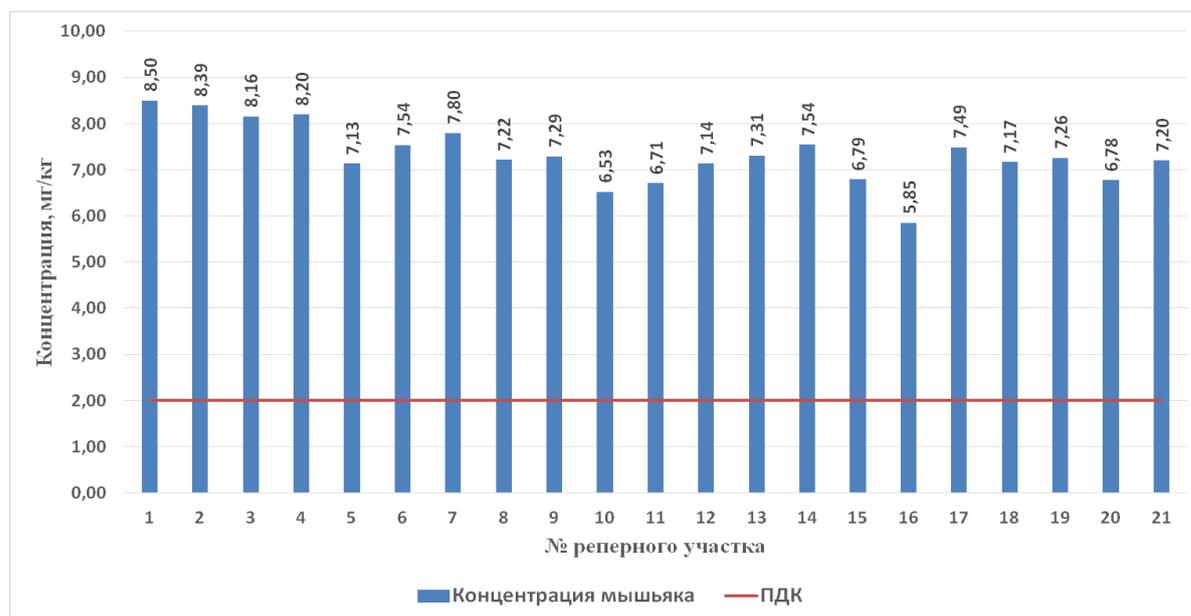


Рисунок 5- Среднемноголетняя концентрация мышьяка (As) в почве на реперных участках. Реперные участки: Городищенский р-н – 1,2,7, 10, 21; Дубовский р-н – 11,12; Иловлинский р-н – 5,6; Калачевский р-н – 3,4,17; Ленинский р-н – 13,14; Светлоярский р-н – 8,9; Среднеахтубинский р-н – 15,16; Суровикинский р-н – 18; Фроловский р-н – 19,20.

Наименьший уровень содержания мышьяка в годы исследований был зафиксирован на реперном участке №16 (Среднеахтубинский р-н) – 5,85 мг/кг. На остальных реперных участках уровень ПДК по содержанию этого элемента в почве был превышен в 3-3,5 раза

В результате проведенных исследований установлено, что на территории Волгоградской области имеются земли сельскохозяйственного назначения, подверженные постоянному загрязнению тяжелыми металлами (никелем, медью, мышьяком).

5. БОНИТИРОВОЧНАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ НА КОНТРОЛЬНЫХ УЧАСТКАХ

Расчет балла плодородия почв производился нами по методу ЦИНАО. На каждом реперном участке был рассчитан общий балл бонитета, а также балл бонитета отдельно по основным показателям плодородия и по сопутствующим.

В результате полученных данных можно проанализировать динамику балла бонитета на реперных участках в период 2000-2017 гг.

Так, на реперном участке №1 (Городищенский район) наблюдался планомерный рост значений балла бонитета - от 61,84 в 2001 году до 85,06 в 2017 году (рисунок 6). Резкое повышение в 2009 году значения балла бонитета (до 94,8) можно объяснить внесением минеральных удобрений непосредственно перед проведением отбора почв на анализ.

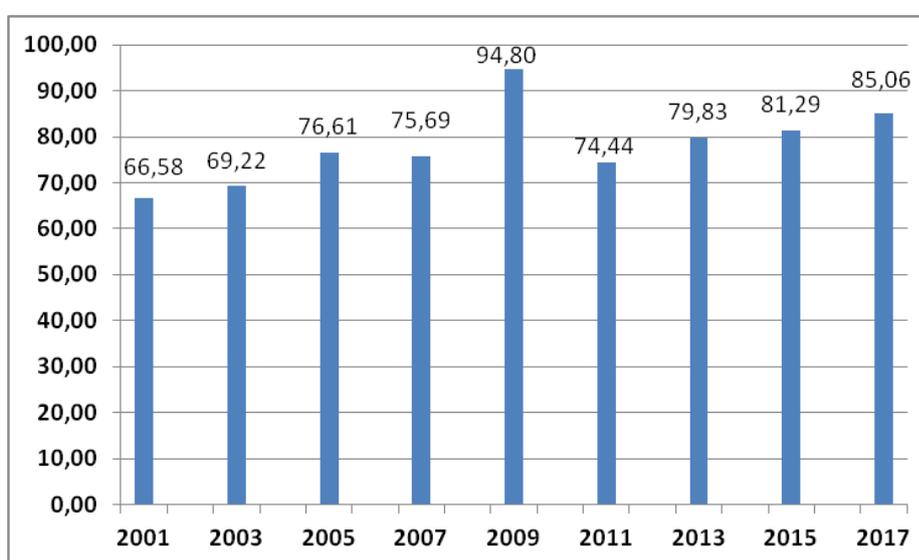


Рисунок 6 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №1

Почти идентична ситуация и с изменением значения балла бонитета по основным агрохимическим показателям. Однако выделяются два периода роста балла бонитета: 2001-2009 гг. и 2011-2017 гг. Резкое снижение балла в

2011 году по сравнению с 2009 годом также можно объяснить резким снижением объема применения агрохимикатов и пестицидов (рисунок 7). В этих условиях наблюдается изменение балла бонитета по второстепенным агрохимическим показателям (микроэлементам) на протяжении всего периода исследования (рисунок 8). Общий уровень значений балла бонитета по основным агрохимическим показателям выше, чем по сопутствующим (микроэлементам).

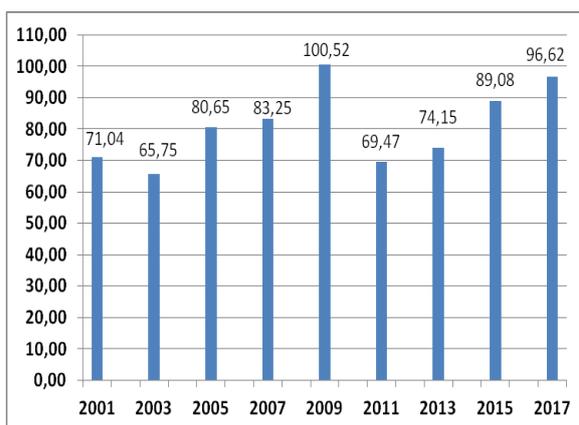


Рисунок 7 - Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №1

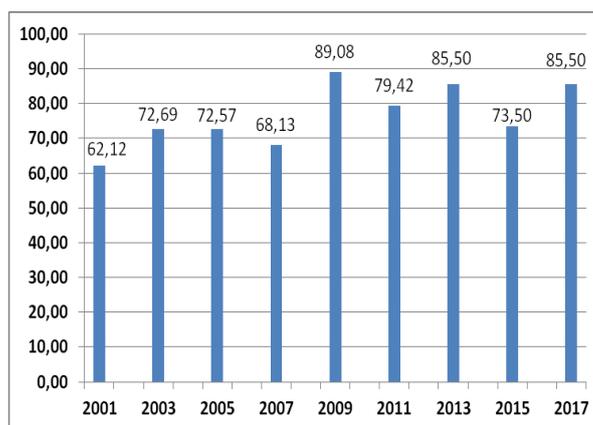


Рисунок 8 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №1

На реперном участке №2 (Городищенский район) балл бонитета в 2001-2005 гг., а также в 2011-2013 гг. находился в пределах значений VIII класса. В 2009, 2015 и 2017 гг. значение балла бонитета повышалось до значений IX класса. Отмечалось резкое снижение значения балла в 2007 году - до VII класса и повышение до IX класса в 2009 году (рисунок 9).

Балл плодородия по основным агрохимическим показателям на участке характеризовался принадлежностью к VIII классу в период 2001-2007 гг. В период 2009-2017 гг. были отмечены резкие скачки значений балла. В частности, в 2009 году балл бонитета снизился от значений IX класса до значений VII класса в 2011-2013 гг. После чего, в 2015-2017 гг. балл бонитета резко вырос до значений X класса (рисунок 10).

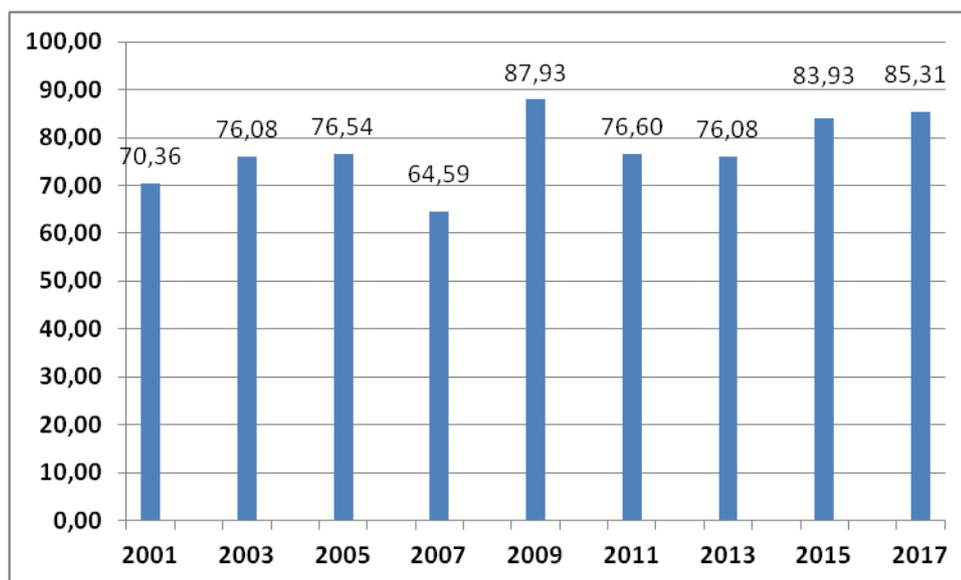


Рисунок 9 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №2

Динамика балла бонитета по сопутствующим показателям отличалась от общей тенденции. Здесь можно отметить планомерное повышение значений балла бонитета от VII класса в 2001 году до X класса в 2009 году, а затем также постепенное снижение вновь до уровня VII класса в 2015 году. Однако, в 2007 году произошло резкое снижение значения балла до уровня VI класса. Помимо этого, в 2017 году наблюдался резкий рост балла до уровня IX класса бонитета (рисунок 11).

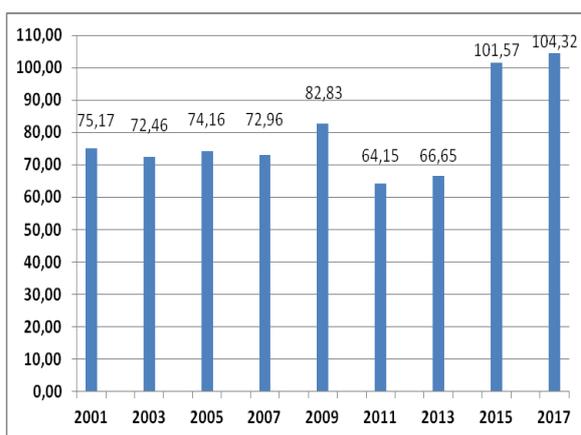


Рисунок 10- Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №2

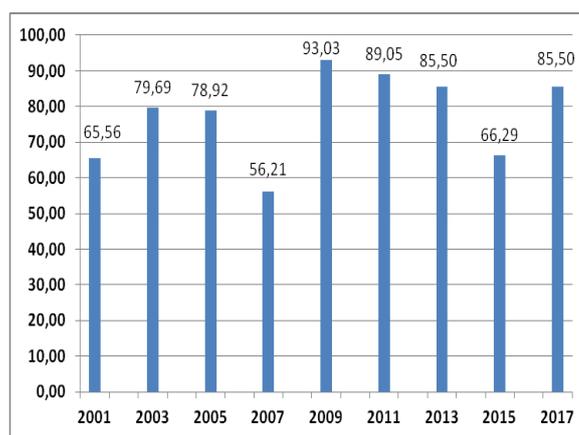


Рисунок 11 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №2

На реперном участке №3 (Калачевский район) отмечалось плавное повышение балла почвенного плодородия с 78,15 до 94,88 в 2001-2009 гг. и дальнейшее плавное снижение до 86,24 в 2017 году (рисунок 12). В 2011 году наблюдалось резкое падение балла до значения 76,92. За весь период исследования балл бонитета находился в пределах значения лучших почв и земель, однако, в разных классах: VII класс в 2001 и 2011 гг., IX класс - в 2003, 2015 и 2017 гг., X класс - в 2005, 2007 и 2009 гг.

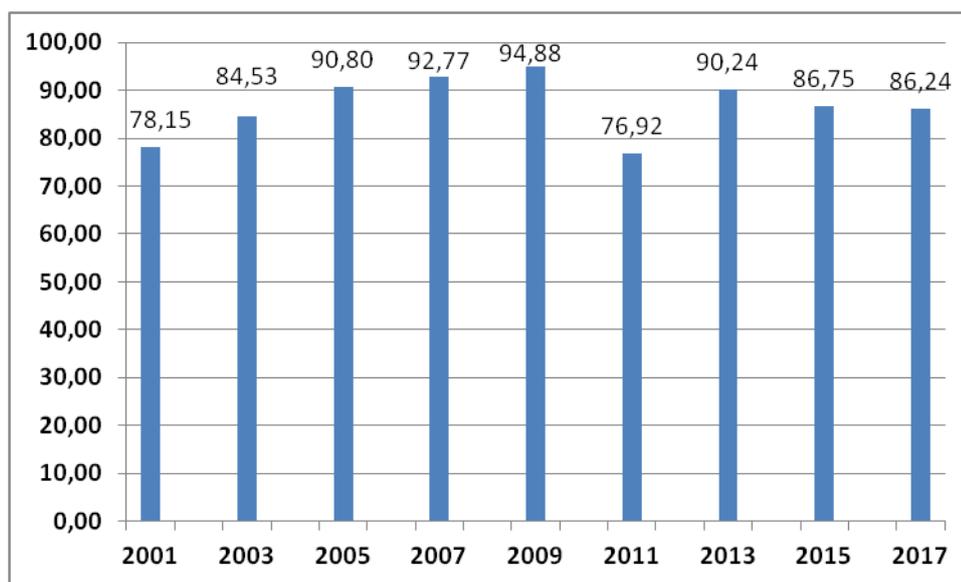


Рисунок 12 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №3

Как видно из представленных данных, на снижение показателя балла бонитета в 2011 году на реперном участке № 3 оказало влияние резкое падение балла бонитета по основным агрохимическим показателям, что, вероятнее всего, связано с применением минеральных удобрений (рисунок 13). Динамика балла по сопутствующим показателям на участке была схожа с динамикой общего балла бонитета, за исключением повышения значения в 2017 году (рисунок 14).

По основным агрохимическим показателям балл бонитета находился в пределах значений, соответствующих X классу бонитета, что относится к лучшим почвам и землям, за исключением VII класса в 2011 году. По сопутствующим показателям распределение следующее: VII класс- в 2001

году, VIII класс - в 2003 и 2015 гг., IX класс - в 2005 и 2007 гг., X класс - в 2009, 2013 и 2017 гг.

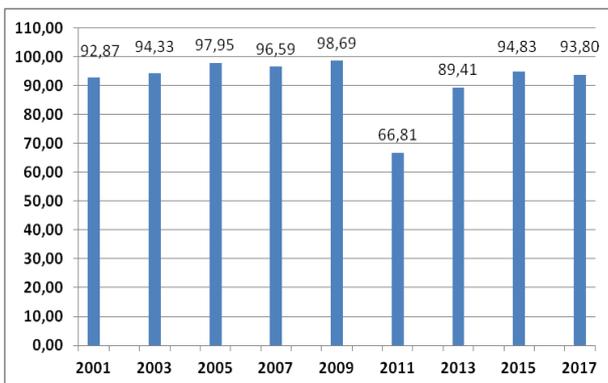


Рисунок 13- Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №3

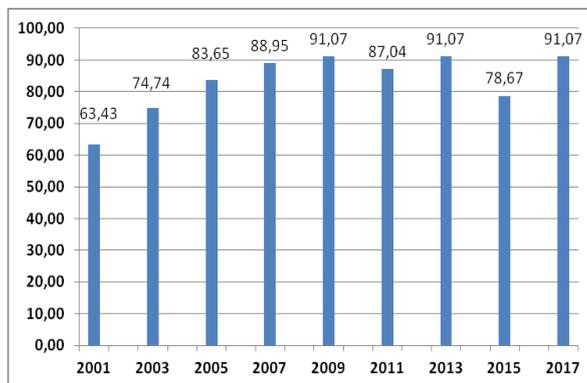


Рисунок 14 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №3
В

В целом можно отметить очень хорошее состояние почвы как по основным агрохимическим показателям так и по сопутствующим (микроэлементам). В совокупности это определило высокие показатели балла плодородия почв на данном реперном участке.

Динамика балла бонитета реперном участке №4 (Калачевский район) представлена на рисунке 15.

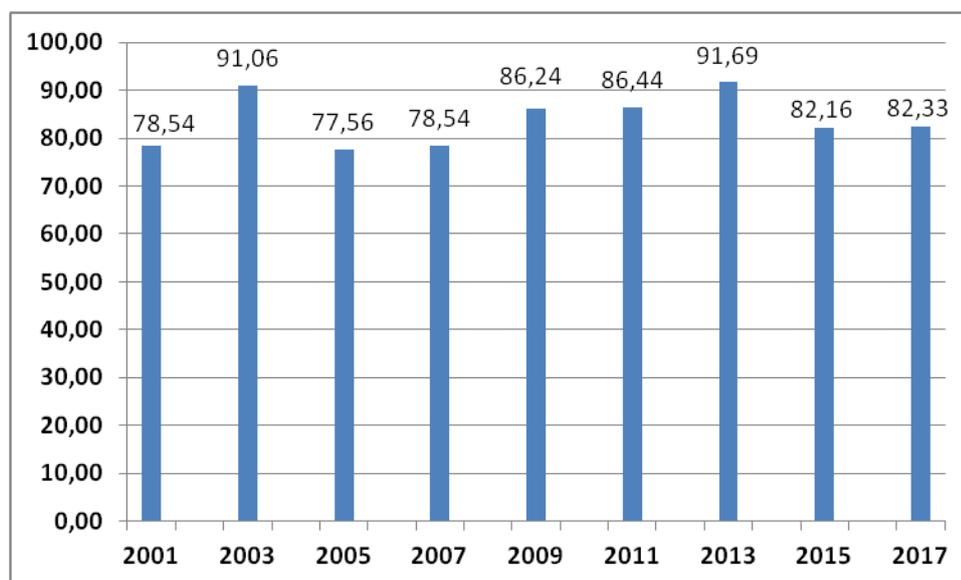


Рисунок 15 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №4

Как видно из представленных данных, балл бонитета во все годы исследований оставался в пределах трех классов – VIII класса в 2001, 2005 и 2007 гг., IX класса - в 2009, 2011, 2015 и 2017 гг., X класса - в 2003 и 2013 гг. Все значения соответствовали категории лучших почв.

Балл бонитета по основным агрохимическим показателям постепенно снижался от X класса в 2001 году до VIII класса в 2005 и 2007 гг. и затем так же плавно повышался вновь до X класса в 2011-2017 гг. (рисунок 16). Динамика балла бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям подвергалась значительным колебаниям значений в разные годы. Можно выделить резкие изменения в 2001-2003 гг. и в 2013-2017 гг. (рисунок 17).

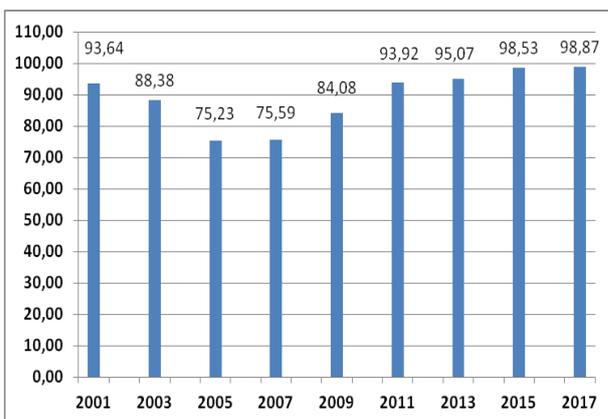


Рисунок 16 - Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №4

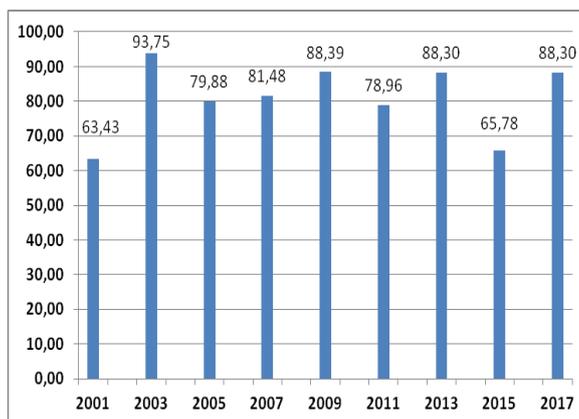


Рисунок 17 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №4

Динамика балла плодородия на реперном участке №5 (Иловлинский район) отличалась незначительными колебаниями значений в пределах верхней границы VII класса и нижней границы VIII класса. Таким образом, можно отметить, что категория почв этого участка изменялась в годы исследований от средних к лучшим, и наоборот (рисунок 18).

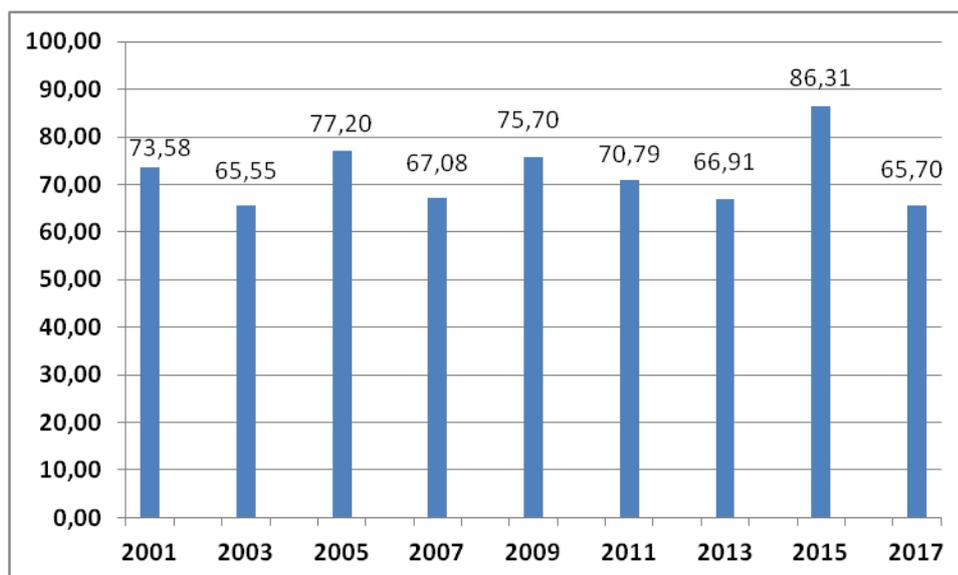


Рисунок 18 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №5

Динамика балла плодородия по основным и сопутствующим агрохимическим показателям на этом участке несколько отличалась от динамики основного балла бонитета. Так, по основным агрохимическим показателям балл бонитета планомерно снижался от X класса в 2005 и 2007 гг., до VI класса - в 2017 г (рисунок 19). По сопутствующим показателям балл бонитета, напротив, возрастал от IV класса в 2007 году до VIII класса в 2009, 2011 и 2015 гг. В 2011 и 2017 гг. балл бонитета находился в пределах VII класса (рисунок 20).

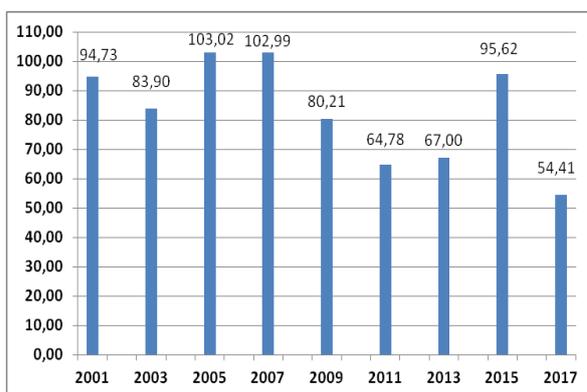


Рисунок 19- Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №5

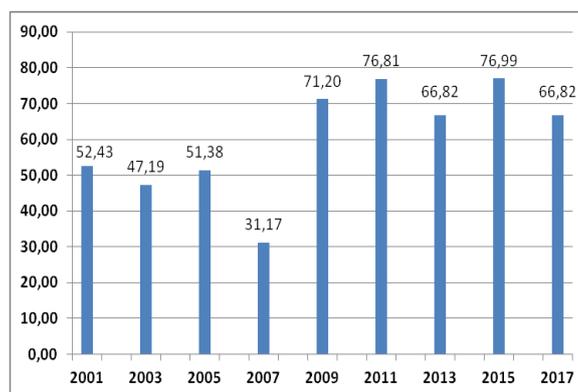


Рисунок 20 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №5

В динамике балла плодородия на реперном участке №6 (Иловлинский район) отмечалось снижение балла от IX класса в 2005 году до VII класса в 2013 году. Выявлено два резких повышения значений балла бонитета - в 2005 и 2015 гг. (рисунок 21).

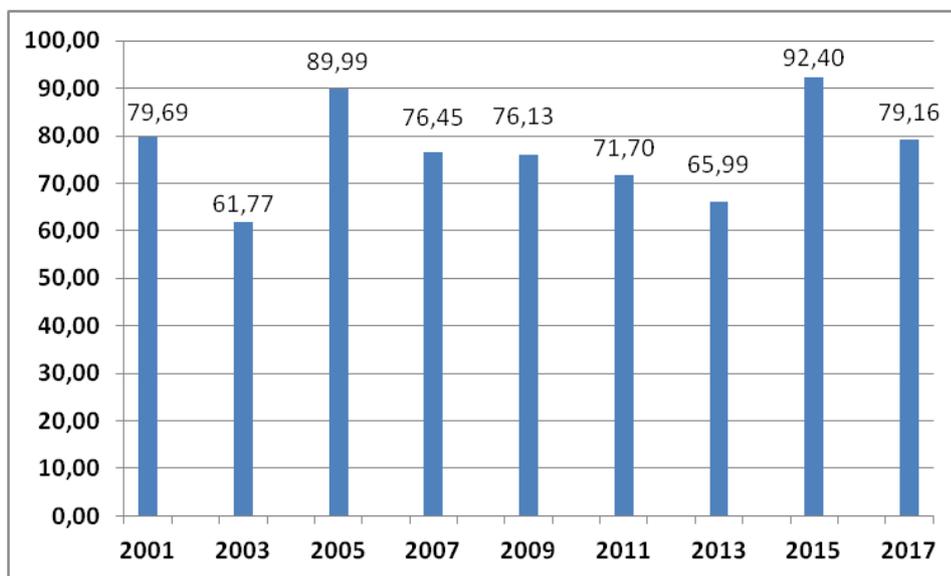


Рисунок 21 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №6

Балл плодородия по основным агрохимическим показателям на участке плавно снижался с X класса в 2005, 2007 гг. до VIII класса в 2017 году. Отмечены два резких снижения балла в 2009 и 2013 гг. с X класса до VII класса и с IX до VI класса соответственно (рисунок 22).

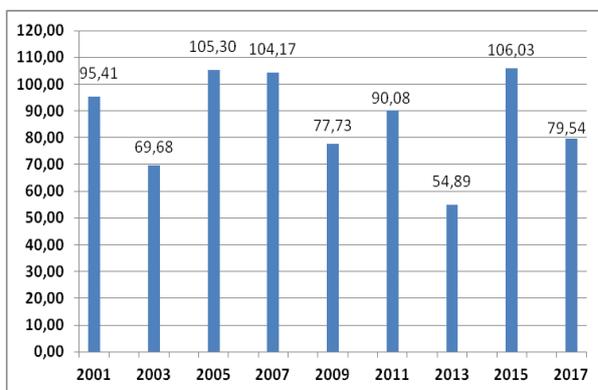


Рисунок 22 - Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №6

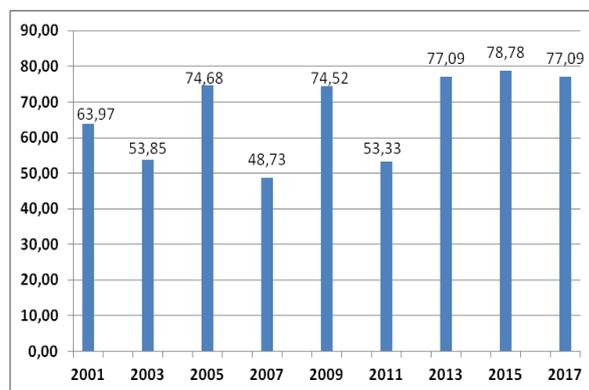


Рисунок 23 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №6

Динамика балла бонитета по сопутствующим показателям характеризовалась резкими перепадами значений от VI до IV класса за период 2001-2013 гг. и дальнейшей стабилизацией значений показателя (рисунок 23).

Динамика балла бонитета на реперном участке №7 (Городищенский район) имеет форму синусоиды с минимальными значениями в 2001 и 2011 гг. (VIII и VII класс соответственно). Максимальных значений балл бонитета достигал в 2005 году (X класс) и 2017 году (VIII класс). Таким образом можно отметить, что почвы на протяжении всего периода исследования переходили из категории средних в категорию лучших и обратно (рисунок 24).

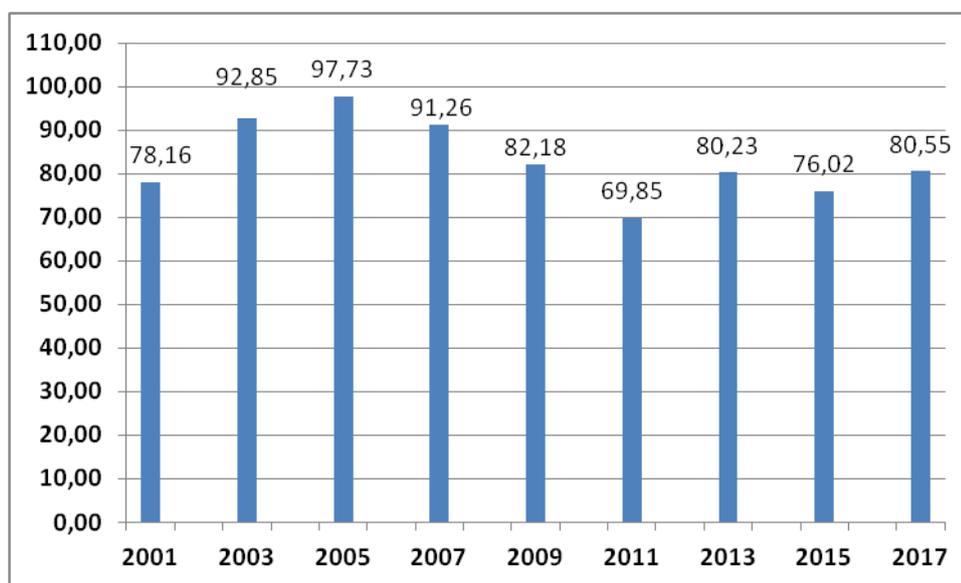


Рисунок 24 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №7

Балл плодородия по основным агрохимическим показателям также изменялся волнообразно, однако, с большим разбросом значений. Особо стоит отметить резкое снижение балла плодородия с X класса в 2007 году до VII класса в 2011 году. Далее наблюдался стремительный рост балла бонитета до значения, соответствующего X классу (рисунок 25). Балл бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям планомерно снижался от X класса в 2003 году до VII класса в 2015 и 2017 гг. В 2001 году

значение балла бонитета составляло 66,41, что соответствует VII классу бонитета (рисунок 26).

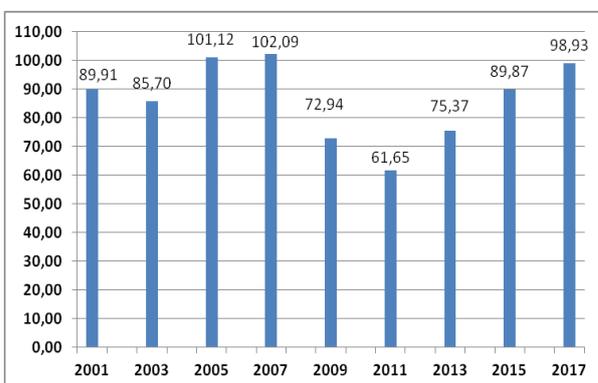


Рисунок 25 -Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №7

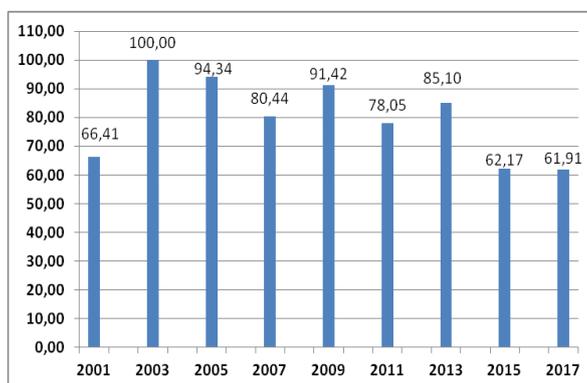


Рисунок 26 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №7

Большее влияние на общий балл плодородия и классность почв оказали основные агрохимические показатели плодородия, что проявляется в схожей динамике балла плодородия.

Динамика балла плодородия на реперном участке №8 (Светлоярский район) представлена на рисунке 27.

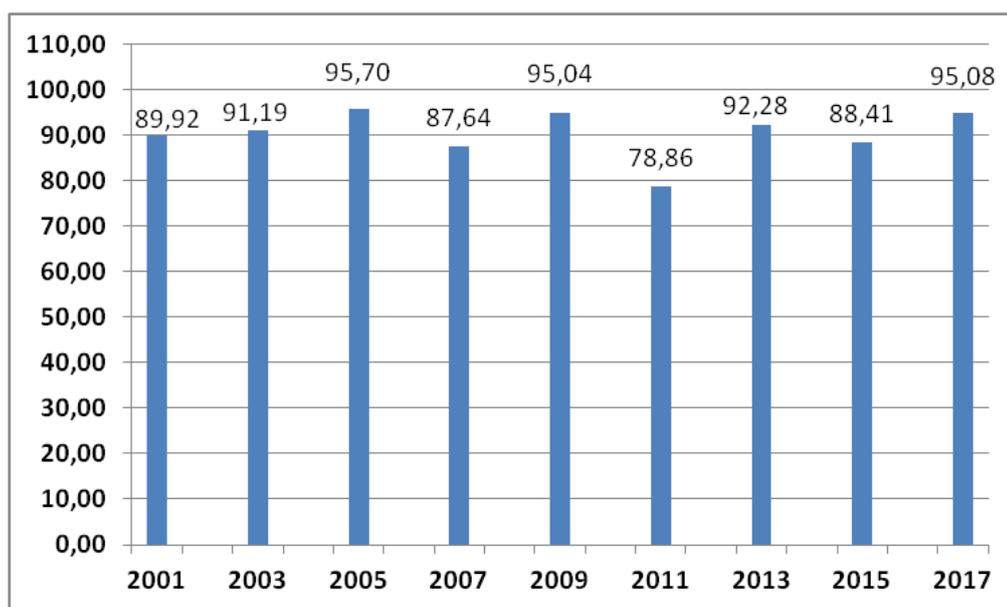


Рисунок 27 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №8

Как видно из представленных данных балл плодородия на реперном участке в годы исследований изменялся незначительно, достигая наименьшего значения 87,64 в 2007 году и максимального значения 95,7 в 2005 году. На протяжении всего периода исследований почвы соответствовали IX и X классу бонитета. Несколько выделяется на диаграмме снижение балл плодородия до значения 78,86, в 2011 году, что соответствует VIII классу бонитета.

Динамика балла плодородия по основным агрохимическим показателям отмечается стремительным ростом балла в период 2011-2017 гг. и повышением класса бонитета с VII до X. В предыдущие годы балл бонитета соответствовал IX-X классу (рисунок 28). Балл бонитета по сопутствующим показателям незначительно колебался в пределах IX-X классов (рисунок 29).

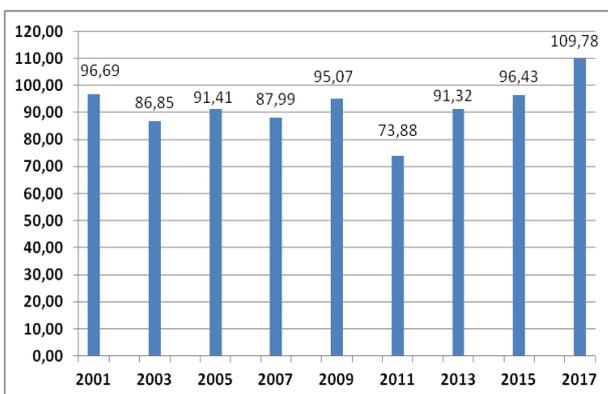


Рисунок 28 -Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №8

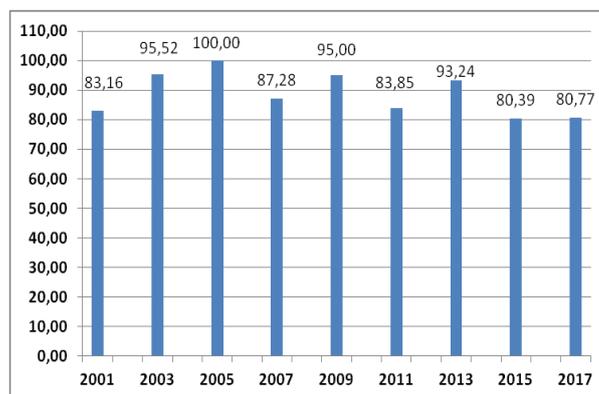


Рисунок 29 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №8

В целом стоит отметить достаточно ровную динамику балла плодородия по всем трем показателям. Резких колебаний значений балла не выявлено.

Динамика балла плодородия на реперном участке №9 (Светлоярский район) изменялась незначительно на протяжении всего периода исследований. Почвы характеризовались IX-X классом бонитета. Только в

2015 году балл бонитета снижался до значения 78,81, что соответствовало VIII классу бонитета (рисунок 30).

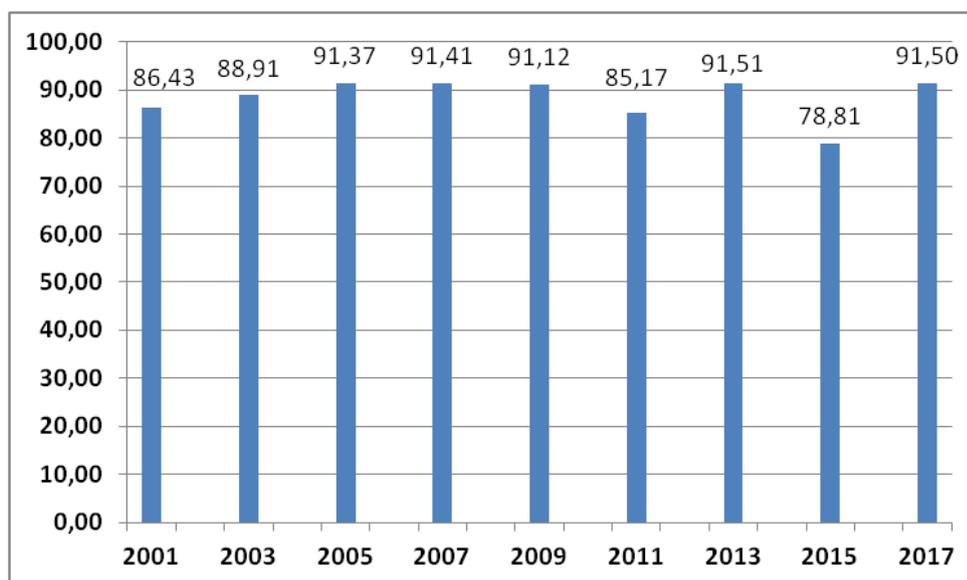


Рисунок 30 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №9

По основным агрохимическим показателям динамика балла плодородия схожа с динамикой общего балла плодородия. Отмечался резкий рост балла бонитета в 2017 году (рисунок 31). Балл бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям варьировал значительней. В 2001, 2003, 2015 и 2017 гг. можно соотнести принадлежность почв к VIII классу, в период 2005-2013 гг. - в пределах IX-X классов (рисунок 32).

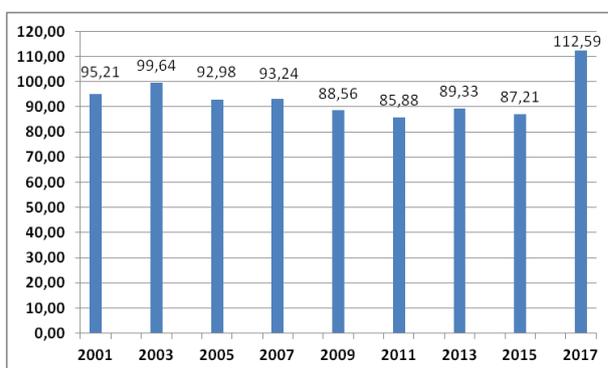


Рисунок 31 - Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №9

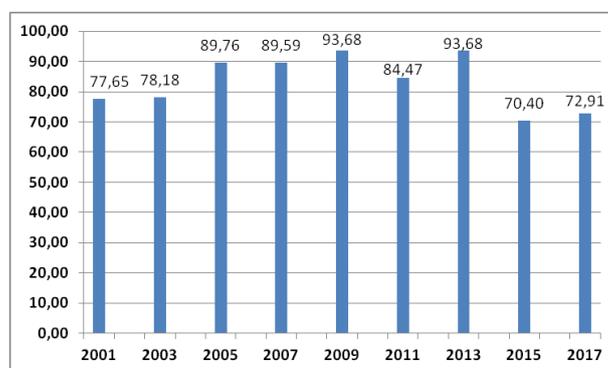


Рисунок 32 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №9

На реперном участке №10 (Городищенский район) балл плодородия снижался в период 2005-2009 гг. до значений, соответствующих VII и VIII классам бонитета. В остальные годы балл бонитета соответствовал IX-X классам (рисунок 33).

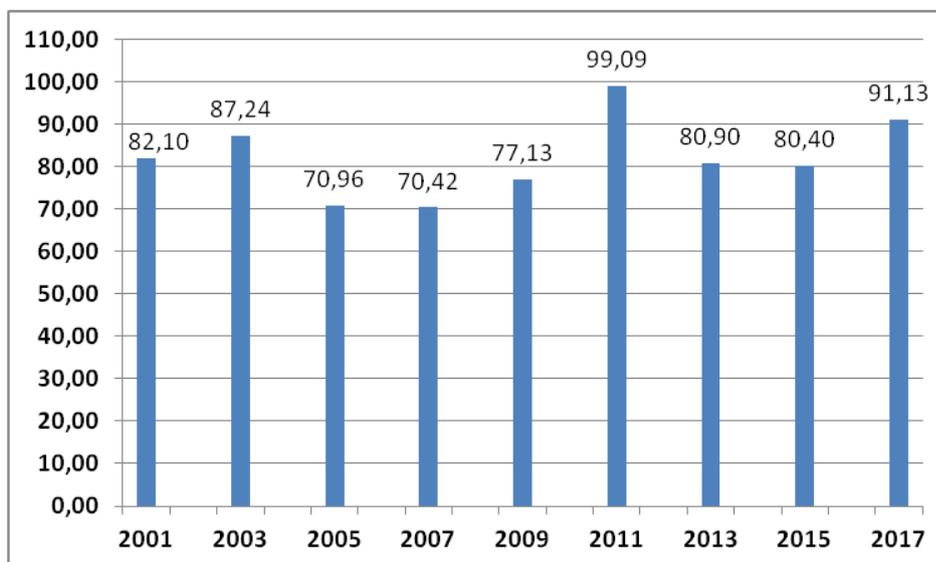


Рисунок 33 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №10

Изменение балла плодородия по основным агрохимическим показателям происходило в широком диапазоне значений. В период 2001-2005 гг. балл плодородия резко снижался от 99,59 (X класс бонитета), до 51,61, что соответствует VI классу. В дальнейшем происходил такой же стремительный рост балла плодородия до значения 98,17 (X класс) в 2011 году и 112,74 - в 2017 году. В 2013 году отмечено снижение балла до уровня 76,83 (VIII класс) (рисунок 34).

Балл плодородия по сопутствующим показателям также претерпевал значительные изменения. Стоит отметить два периода отрицательной динамики балла. В 2003-2009 гг. балл снижался от 94,54 (X класс) до 72,9 (VIII класс). Далее в 2011 году балл резко возрос до 100 (X класс) и в последующие годы стремительно снижался до значения 71,83 (VIII класс) в 2017 году (рисунок 35). Отмечалась разнородность в динамике по основным и сопутствующим агрохимическим показателям.

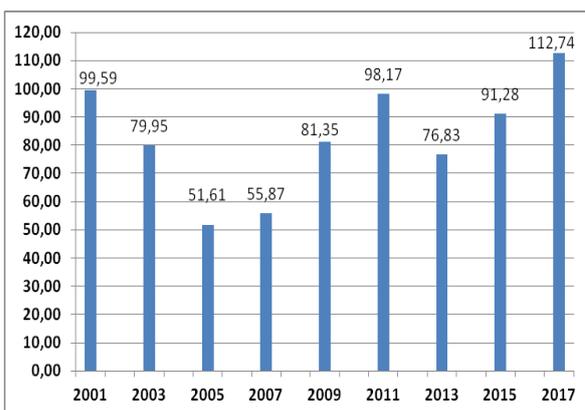


Рисунок 34 - Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №10

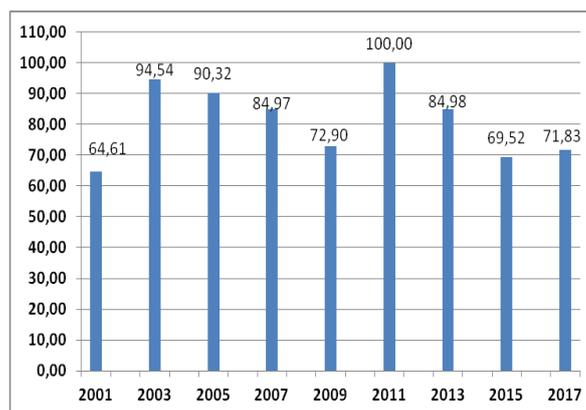


Рисунок 35 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №10

На реперном участке №11 (Дубовский район) балл плодородия изменялся в разные годы от значений, соответствующих VII классу в 2005 и 2007 гг. до значений, соответствующих IX классу в 2003 и 2017 гг. Балл бонитета в 2001, 2013 и 2015 гг. соответствовал VIII классу. Наивысший балл зафиксирован в 2011 году, что соответствует X классу (рисунок 36).

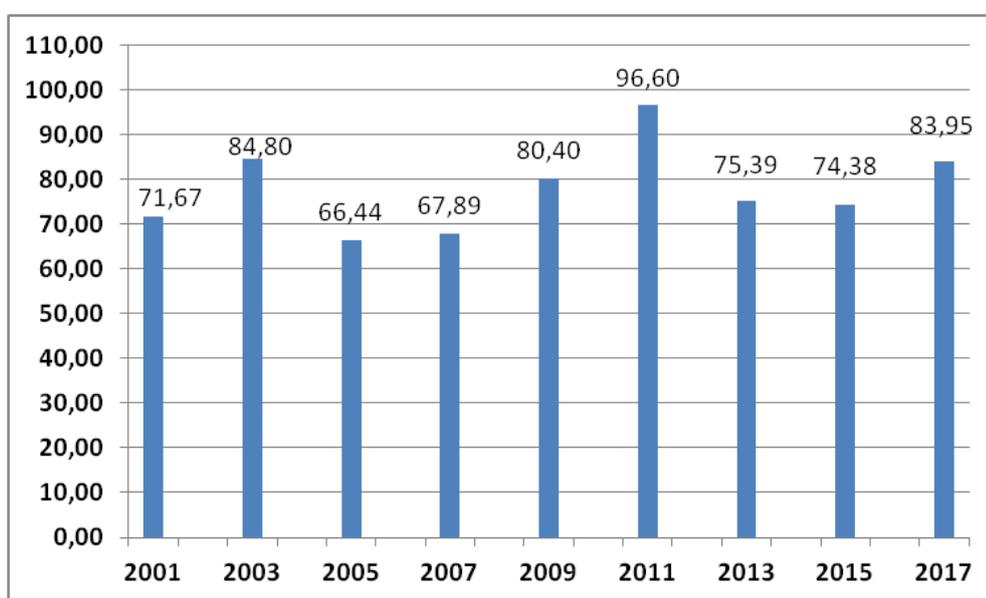


Рисунок 36 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №11

Как видно из представленных данных, в период с 2001 по 2005-2007 гг. наблюдалось резкое снижение балла бонитета по основным агрохимическим показателям - от значений X до значений VI класса и вновь стремительное

повышение балла до X класса в 2011 году. В 2013 году было отмечено резкое падение показателя до VII класса бонитета и дальнейший планомерный рост до X класса бонитета в 2017 году (рисунок 37).

Балл плодородия по сопутствующим агрохимическим показателям характеризовался повышением от уровня VIII класса в 2005 году до уровня X класса в 2011 году и дальнейшим снижением до VII класса в 2015 и 2017 гг. Можно отметить резкий скачок балла бонитета от значения V класса в 2001 году до значения IX класса в 2003 году (рисунок 38).

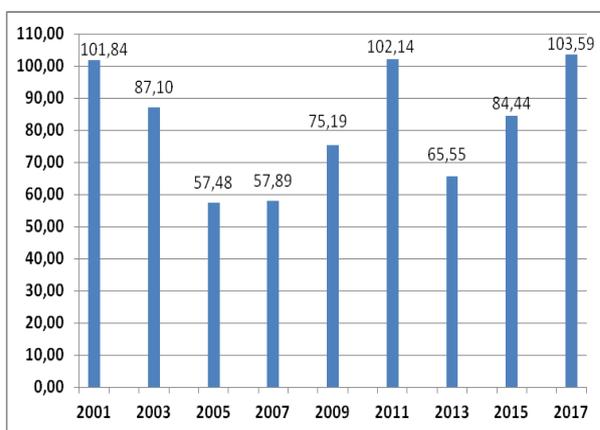


Рисунок 37 - Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №11

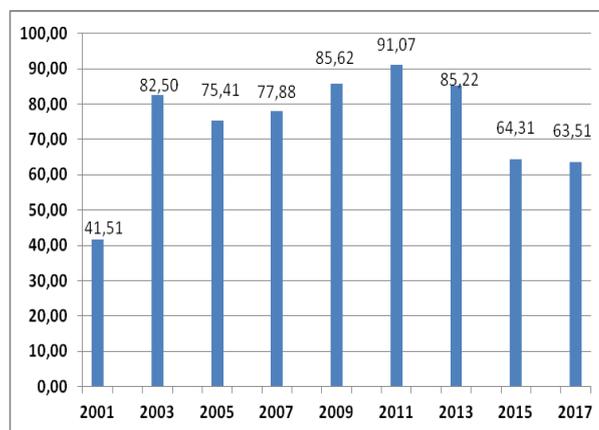


Рисунок 38 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №11

Балл плодородия на реперном участке №12 (Дубовский район) имел два периода положительной динамики в 2001-2009 гг. от VI класса до VIII класса и в 2011-2017 гг. - от VI до IX класса бонитета. Динамика повышения балла второго периода более стремительная (рисунок 39).

Динамика балла плодородия по основным агрохимическим показателям характеризовалась значениями балла бонитета в пределах VI-VII класса в 2001-2011 гг. и дальнейшим стремительным ростом до X класса в 2017 году. В 2009 году, однако, наблюдался подъем балла бонитета до IX класса (рисунок 40).

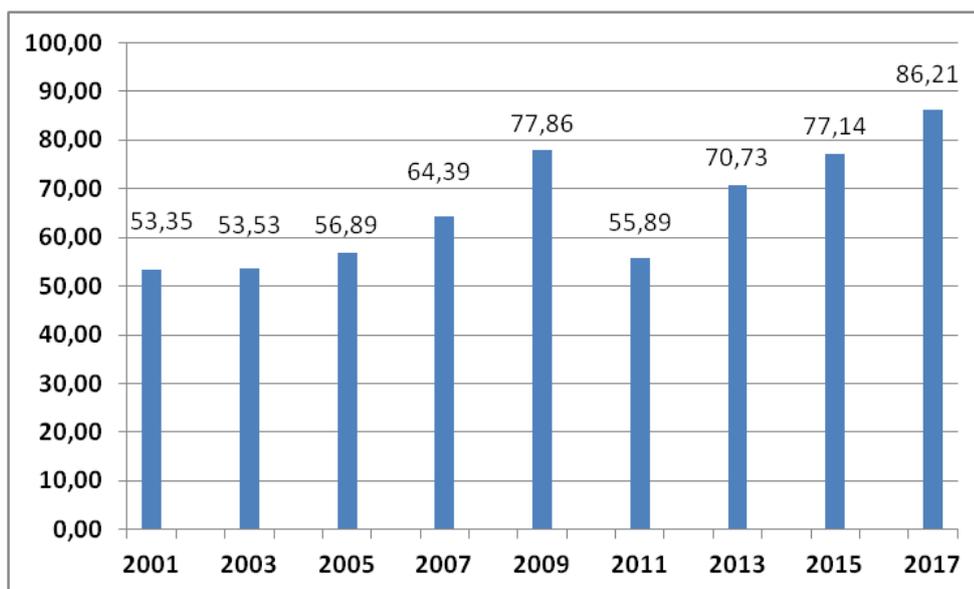


Рисунок 39 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №12

Динамика балла бонитета по сопутствующим показателям в годы исследований значительно представлена на рисунке 41. Наблюдался рост балла от значения, соответствующего IV классу в 2001 году до значения, соответствующего VIII классу в 2011 году. Далее, в 2015-2017 гг. было зафиксировано снижение балла до значений VII класса. Можно выделить резкое падение балла в 2011 г. до значения, соответствующего VI классу.

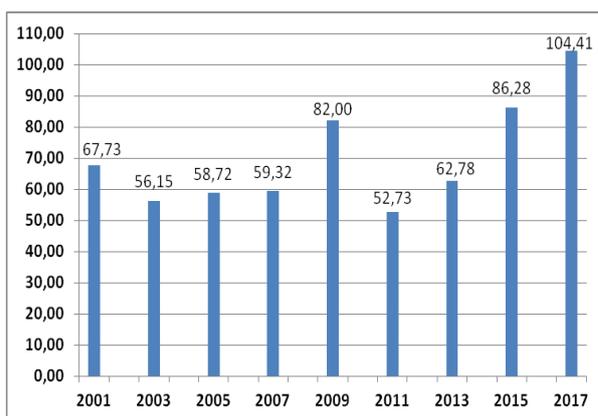


Рисунок 40 - Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №12

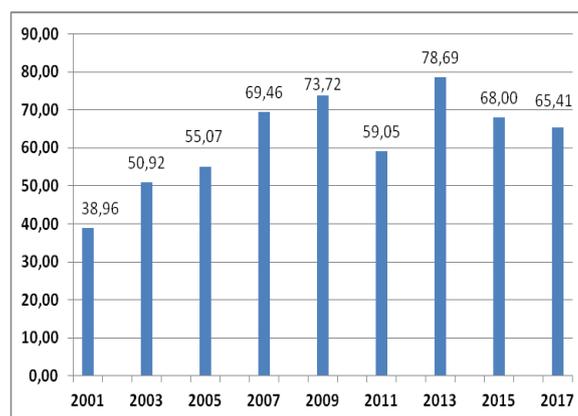


Рисунок 41 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №12

Балл бонитета на реперном участке №13 (Ленинский район) в течение всего периода исследования находился в рамках IX класса. Исключениями

являются значения балла бонитета в 2003 и 2015 гг., когда они принадлежали VII и VIII классам соответственно (рисунок 42).

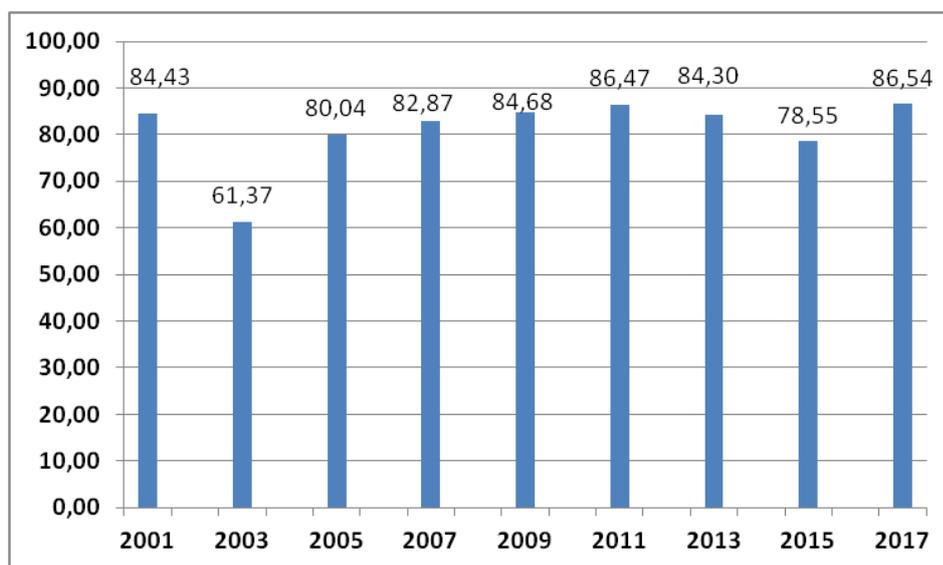


Рисунок 42 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №13

Балл плодородия по основным агрохимическим показателям на этом участке изменялся в большом диапазоне значений. С 2005 до 2011 гг. балл плодородия снижался от значений X класса до значений VIII класса. В дальнейшем, в 2017 году наблюдался рост до X класса бонитета. В период 2001-2005 гг. выделялись резкие колебания значений от X класса в 2001 году до VII класса – в 2003 году и вновь до X класса в 2005 году (рисунок 43).

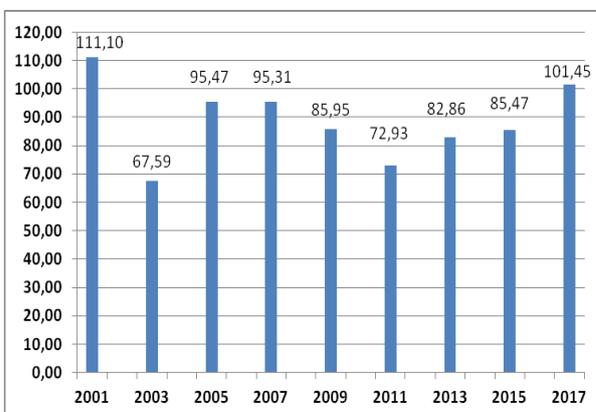


Рисунок 43- Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №13

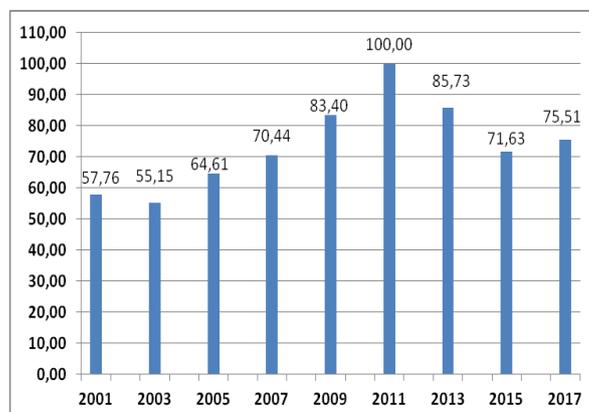


Рисунок 44 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №13

Динамика балла плодородия по сопутствующим показателям более плавная, показывающая рост от VI класса в 2001 году до X класса в 2011 году и дальнейшее снижение до VIII класса в 2015-2017 гг. (рисунок 44). В целом, можно отметить, что динамика балла бонитета по основным показателям значительно отличалась от динамики балла по сопутствующим показателям.

На реперном участке № 14 (Ленинский район) балл плодородия постепенно снижался от значения, соответствующего X классу в 2003 году до значения, соответствующего VIII классу в 2013 году. С 2017 года наблюдался рост балла до IX класса (рисунок 45).

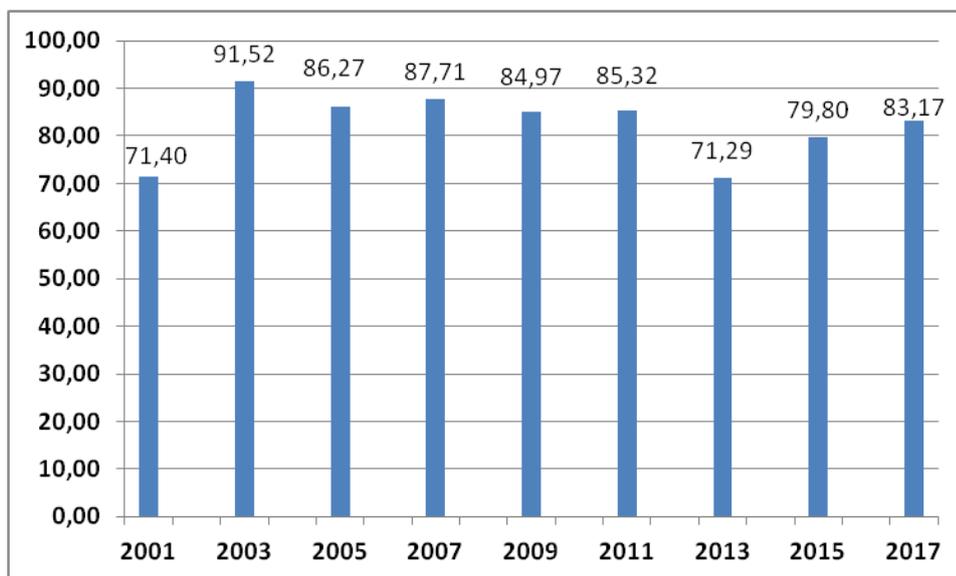


Рисунок 45 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №14

В динамике балла бонитета по основным агрохимическим показателям можно выделить плавное падение значений в период 2007-2011 гг. от X до VIII класса и дальнейший рост балла до значения X класса в 2017 году (рисунок 46).

Динамика балла по сопутствующим агрохимическим показателям более изменчивая. Отмечался схожий с баллом по основным показателям рост в период 2013-2017 гг. Стоит отметить резкий рост балла в 2003 году и столь же резкое снижение в 2013 году (рисунок 47).

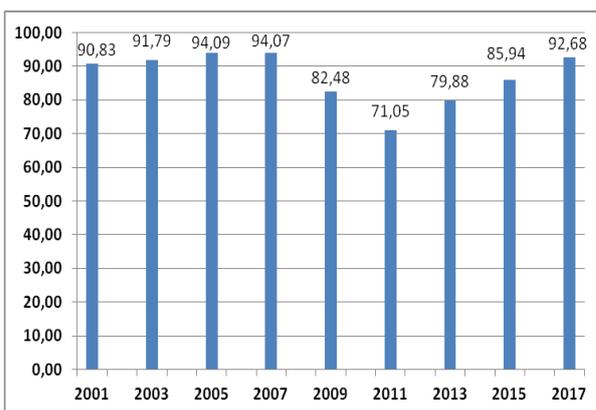


Рисунок 46 - Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №14

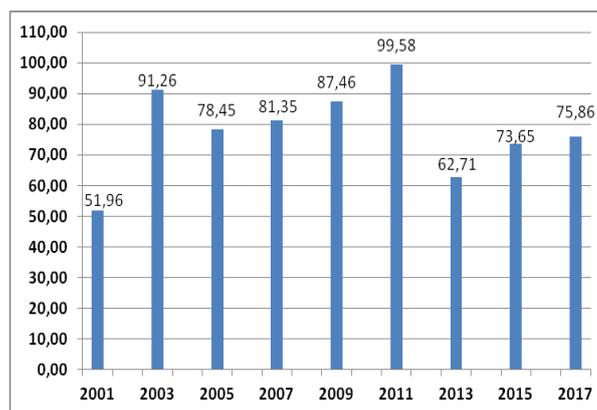


Рисунок 47 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №14

Динамика балла плодородия на реперном участке №15 (Среднеахтубинский район) была достаточно ровная на протяжении всего периода исследований. Можно выделить небольшой рост балла в период 2003-2007 годы - от VIII до X класса соответственно. В остальные годы балл бонитета находился в пределах IX класса (рисунок 48).

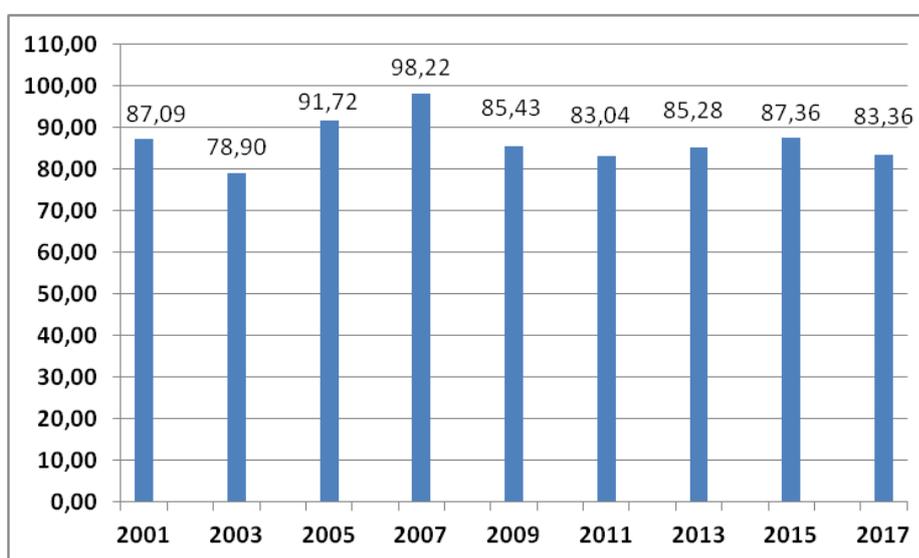


Рисунок 48 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №15

Динамика балла плодородия по основным агрохимическим показателям характеризовалась резкими изменениями значений,

минимальное значение балла соответствовало VIII классу бонитета и зафиксировано в 2003 году (рисунок 49).

В динамике балла бонитета по сопутствующим показателям отмечался рост от VIII класса в 2001 году до X класса в 2007 году, затем снижение до VII класса в период 2015-2017 годы (рисунок 50).

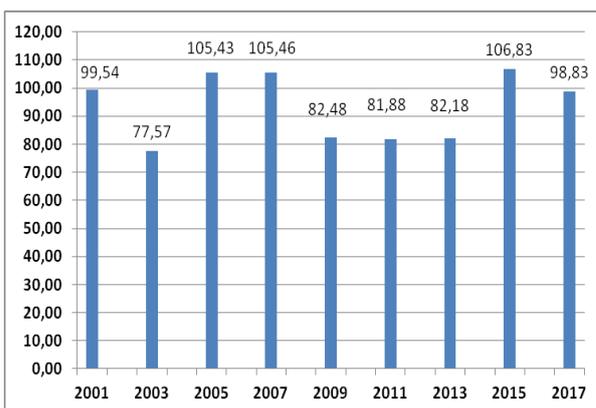


Рисунок 49 -Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №15

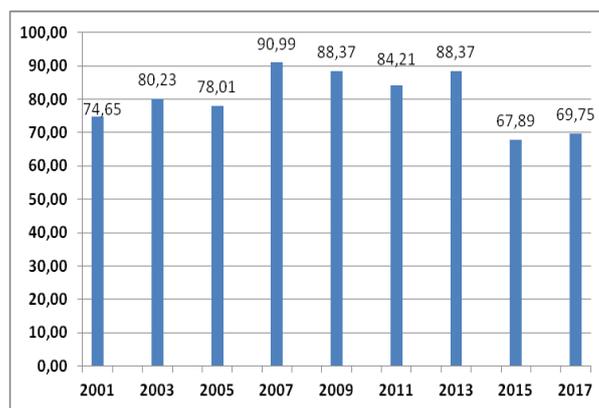


Рисунок 50 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №15 в

На реперном участке №16 (Среднеахтубинский район) зафиксирована принадлежность балла бонитета к X классу в 2001 году. В последующие годы балл бонитета изменялся в пределах значений VIII-IX класса (рисунок 51).

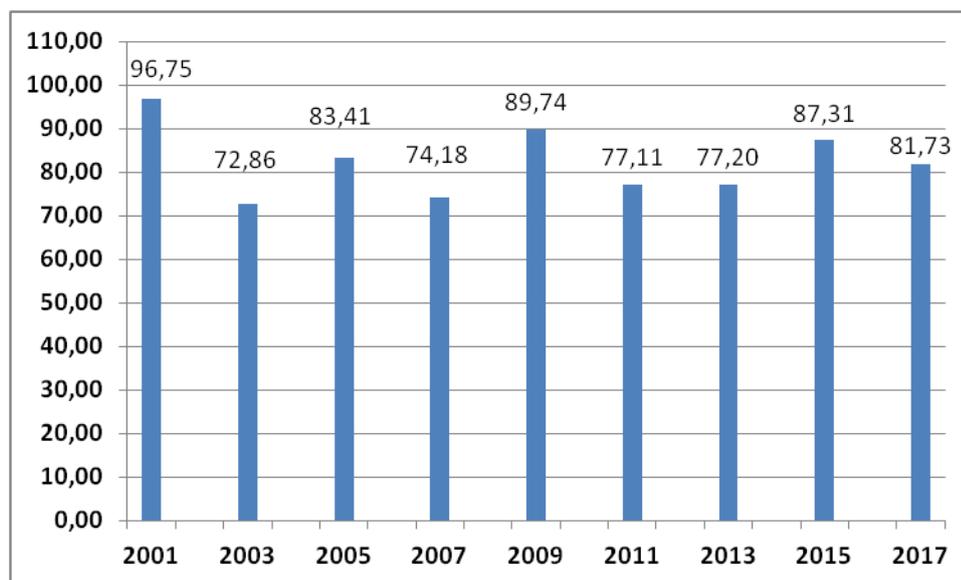


Рисунок 51 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №16

Динамика балла плодородия по основным агрохимическим показателям отличалась стремительным ростом от значения VII класса в 2011 году до значений X класса в период 2015-2017 гг. (рисунок 52).

Динамика балла плодородия по сопутствующим показателям существенно отличалась от динамики балла по основным показателям. Заметно снижение балла бонитета от значений X класса в 2009 году до значений VII класса в период 2015-2017 гг. Также стоит отметить поочередное изменение балла от значений IX класса до значений VII класса в 2001-2007 гг. (рисунок 53).

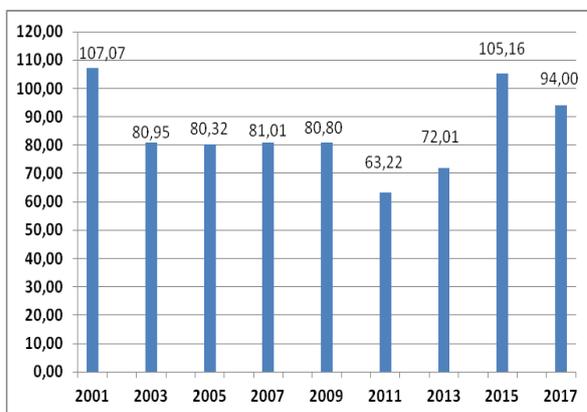


Рисунок 52 - Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №16

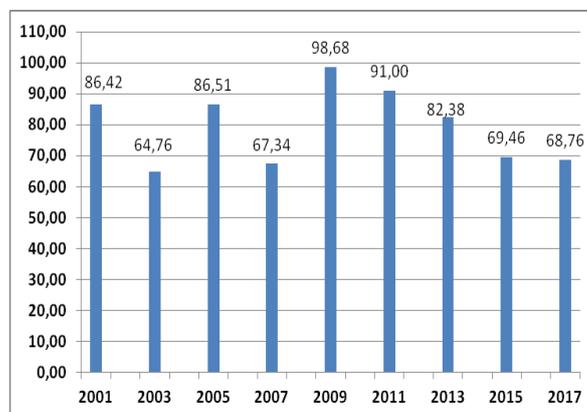


Рисунок 53 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №16

Изменение балла бонитета на реперном участке №17 (Калачевский район) имеет вид синусоиды. В период 2001-2003 гг. значение балла бонитета перешло из VIII класса в IX класс. В 2011 году произошло снижение до значения VII класса бонитета и затем в период 2015-2017 гг. вновь повышение балла до уровня IX класса (рисунок 54).

Балл плодородия по основным агрохимическим показателям характеризовался принадлежностью к X классу в периоды 2001-2007 гг. и 2015-2017 гг (рисунок 55). Наблюдалось стремительное снижение балла в период 2007-2011 гг. до значения, соответствующего VI классу бонитета.

Стоит также отметить переход от VII класса бонитета до IX класса в 2013-2015 гг.

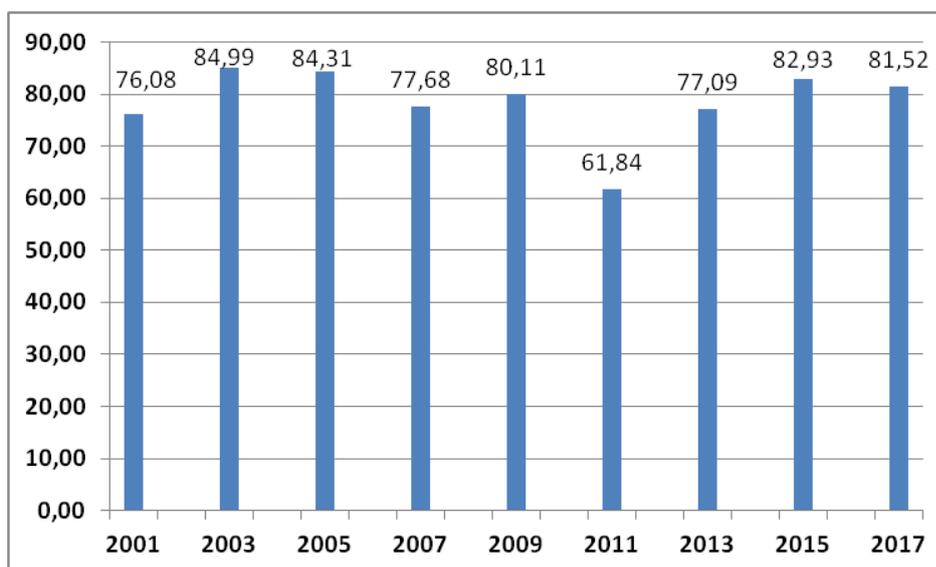


Рисунок 54 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №17

Балл бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям (рисунок 56) изменялся более резко в разные годы исследований. Отмечался рост балла от значения VI класса в 2001 году до значения VIII класса в 2005 году. В последующие годы балл бонитета принадлежал к VII классу в 2007, 2011, 2015 и 2017 гг. В 2009 и 2013 гг. балл бонитета повышался до значений IX класса.

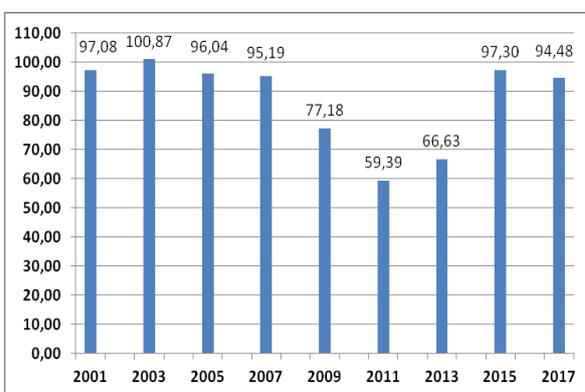


Рисунок 55 - Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №17

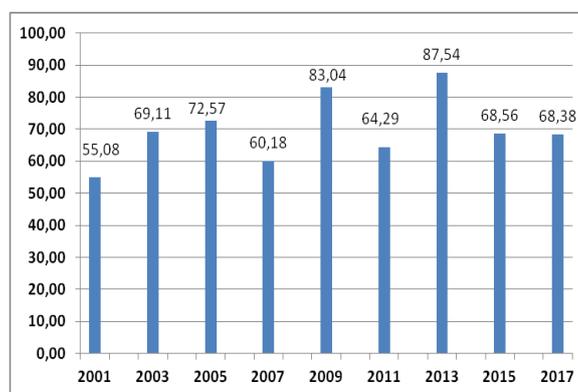


Рисунок 56 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №17

Отмечалось доминирующее влияние балла бонитета по основным агрохимическим показателям на итоговый общий балл бонитета.

Динамика балла бонитета на реперном участке №18 (Суровикинский район) в период 2000-2017 гг. не была подвержена резким колебаниям значений. На протяжении всего периода исследования балл бонитета изменялся от верхних пределов значений VII класса до нижних пределов значений IX класса. Можно выделить два периода роста балла бонитета от VII класса до IX класса в 2001-2005 гг. и 2011-2015 гг. (рисунок 57).

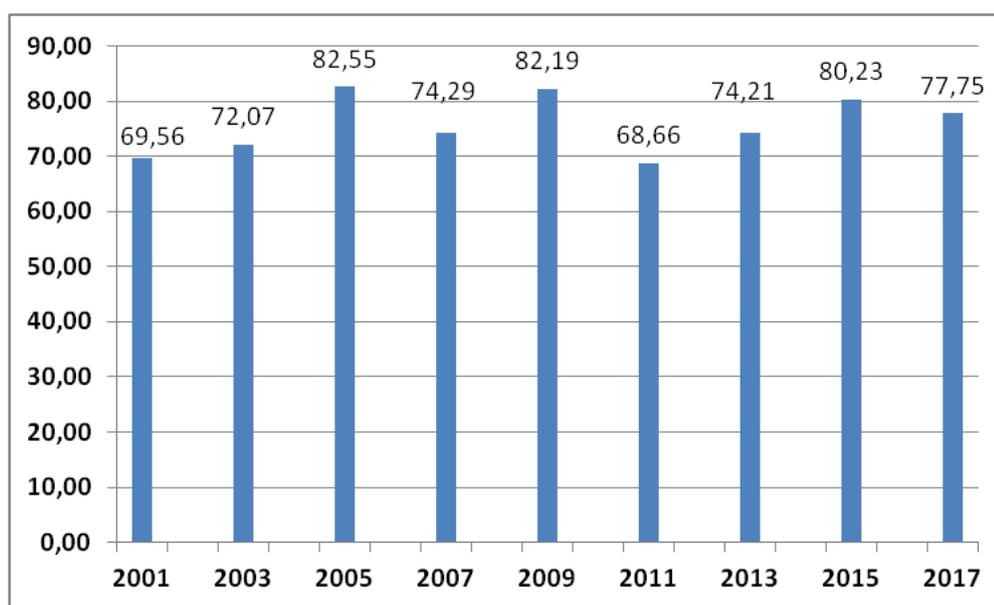


Рисунок 57 -Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №18

В динамике балла бонитета по основным агрохимическим показателям можно отметить период снижения значений от IX класса в 2005 и 2007 гг. до значений VII класса в 2011 и 2013 гг., а также резкое повышение значения балла до X класса в 2015 году (рисунок 58).

В динамике балла бонитета по сопутствующим показателям стоит выделить повышение значений от VI класса в 2001 году до VIII класса в 2005 году. Примечательно резкое изменение значений балла от VI класса в 2007 году до IX класса в 2009 году и также резкое снижение до VII класса в 2011 году (рисунок 59).

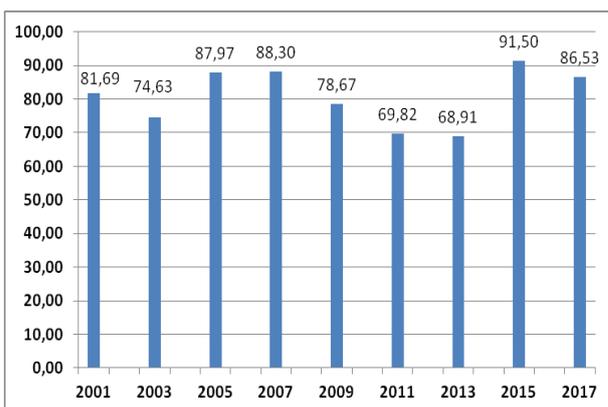


Рисунок 58 - Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №18

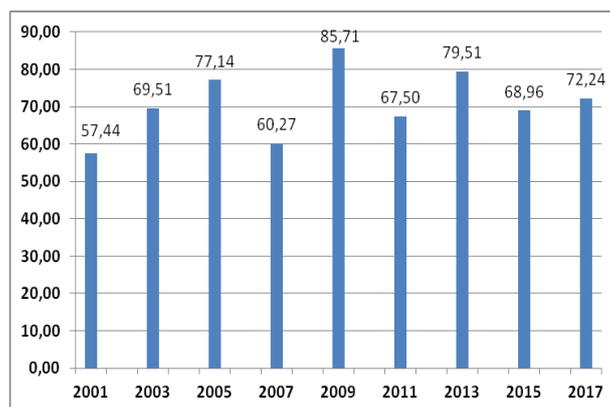


Рисунок 58. Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на участке №18

Балл бонитета на реперном участке №19 (Фроловский район) характеризовался незначительными изменениями значений в пределах VIII класса с 2001 по 2011 гг. Отмечалось повышение балла от значений VIII класса в 2011 году до значений X класса в 2015 и 2017 гг. (рисунок 60).

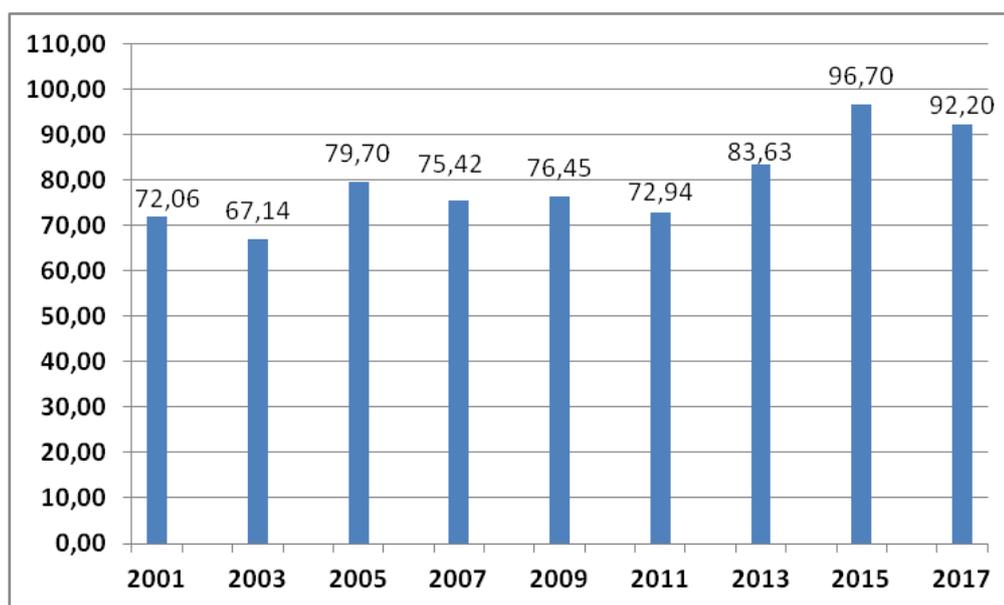


Рисунок 60 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №19

Изменение значений балла бонитета по основным агрохимическим показателям идентично изменениям общего балла бонитета. Значения и классы, в пределах которых происходят изменения, идентичны (рисунок 61).

В динамике балла бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям отмечалось планомерное повышение значения от VI класса в 2001 г. до IX класса в 2017 году (рисунок 62).

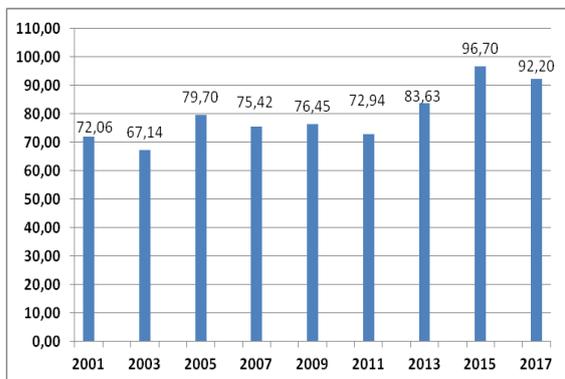


Рисунок 61 - Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №19

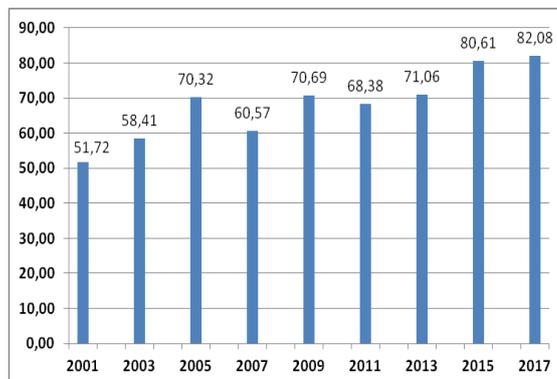


Рисунок 62 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №19

В динамике балла бонитета на реперном участке №20 (Фроловский район) выделялось резкое снижение значений от IX класса в 2003 году до VI класса в 2005 и 2007 гг. В остальные годы балл бонитета находился в пределах значений VIII-IX класса (рисунок 63).

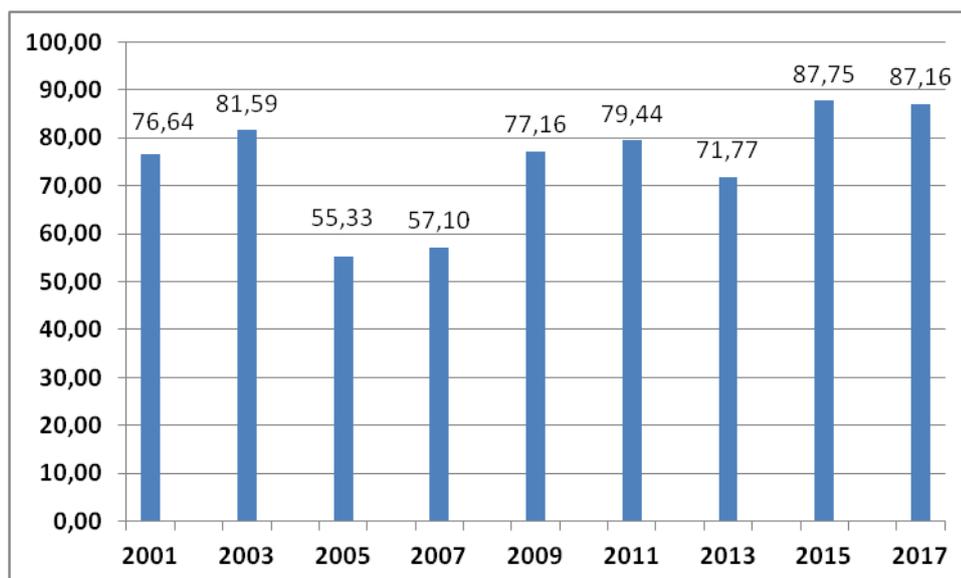


Рисунок 63 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №20

Балл плодородия по основным агрохимическим показателям характеризовался резким падением значения от X класса в 2001 и 2003 гг. до VI класса в 2007 году. В дальнейшие годы отмечено повышение балла до значений IX класса в 2009-2011 гг. и X класса в 2015-2017 гг. (рисунок 64).

Динамика балла плодородия по сопутствующим агрохимическим показателям на данном реперном участке (рисунок 65) характеризовалась повышением значений от V класса в 2005 году до VIII класса в 2011 году. Также стоит отметить падение значения от VII класса в 2003 году до V класса в 2005 году.

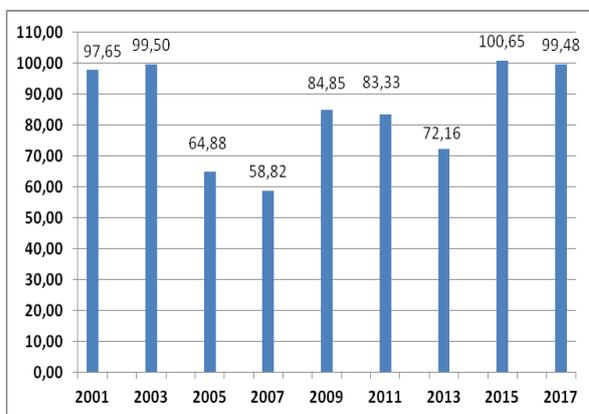


Рисунок 64 - Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №20

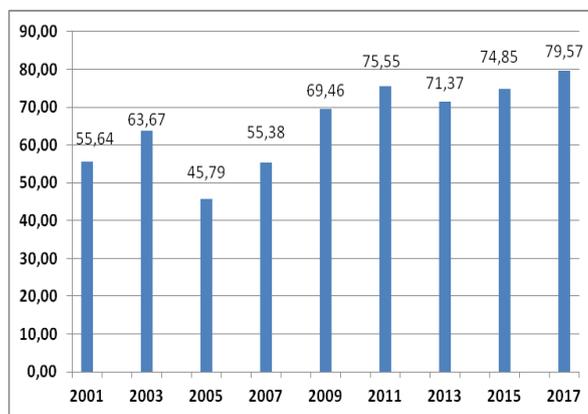


Рисунок 65 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №20

Динамика балла бонитета на реперном участке №21 (Городищенский район) характеризовалась относительной стабильностью значений на протяжении всего периода исследований, за исключением 2005 и 2009 гг., когда балл несколько повышался до значений IX класса (рисунок 66). В остальные годы балл бонитета принадлежал к VIII классу. Отмечалась также тенденция снижения значения балла в период 2009-2017 гг.

Балл бонитета по основным агрохимическим показателям постепенно снижался от значения, соответствующего X классу бонитета в 2007 году до значения, соответствующего VII классу бонитета в 2013 году. За период 2001-2007 гг. балл бонитета практически не изменялся и принадлежал к X

классу. Резкое повышение балла бонитета зафиксировано в 2015 году до значения X класса.

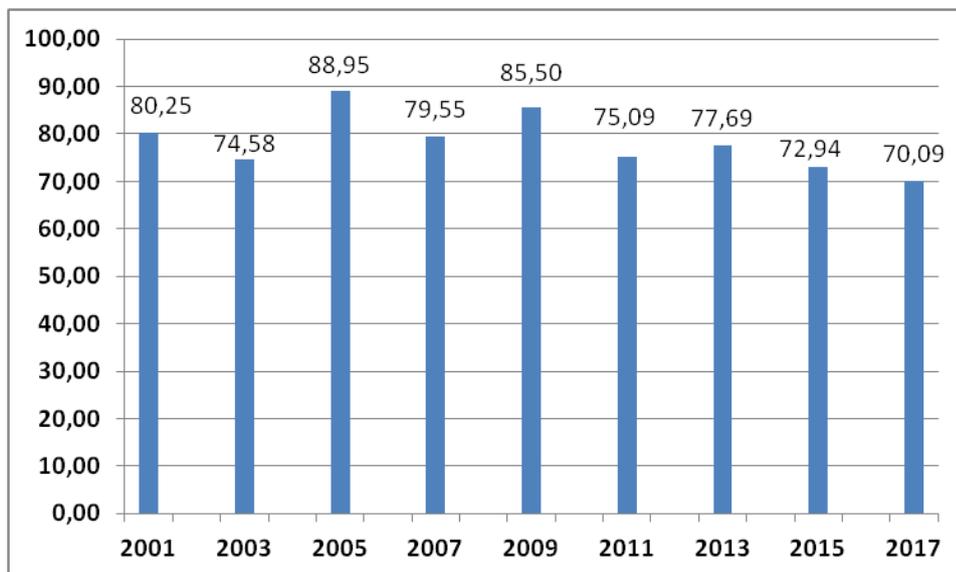


Рисунок 66 - Динамика балла почвенного бонитета на реперном участке №21

Динамика балла бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям характеризовалось резкими колебаниями значений от значений, соответствующих VI-VII классу в 2001, 2003 и 2007 гг. до значений IX-X классов - в 2005, 2009 и 2013 гг. и от значений IX класса до значений VI класса в 2015 и 2017 гг. (рисунок 67). Динамика балла бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям представлена на рисунке 68.

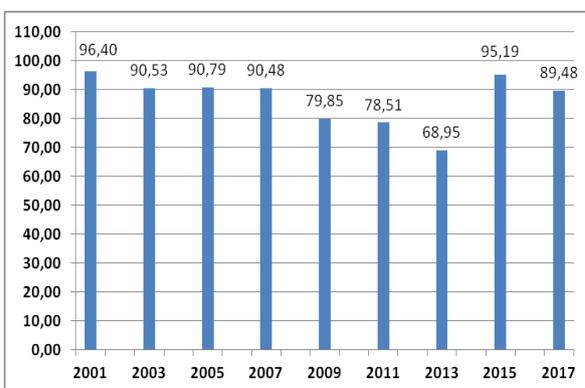


Рисунок 67 - Динамика балла почвенного бонитета по основным агрохимическим показателям на реперном участке №21

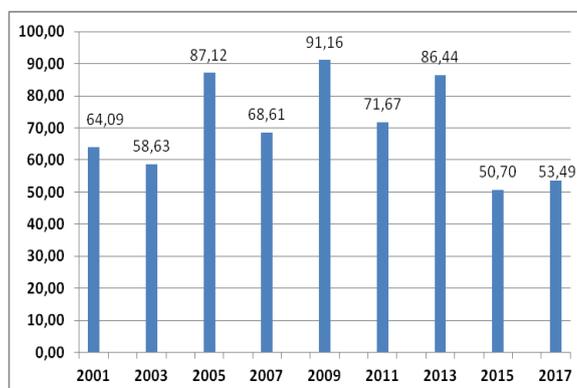


Рисунок 68 - Динамика балла почвенного бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперном участке №21

На основании проведенной бонитировки на реперных участках и анализа данных по динамике балла бонитета можно отметить следующее.

На всех реперных участках, расположенных в различных муниципальных районах Волгоградской области в пределах сухостепной почвенной зоны общий балл бонитета не опускался ниже значений, соответствующих VI классу бонитета. Таким образом, можно отметить, что почвы на реперных участках на протяжении всего периода исследования характеризовались как средние и лучшие. Общий уровень балла бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на всех реперных участках был несколько ниже, чем уровень балла бонитета по основным показателям. Данный факт показывает, что почвы исследуемой зоны обеспечиваются макроэлементами лучше, чем микроэлементами.

Балл бонитета рассчитывался по агрохимическим показателям, непосредственно влияющим на формирование качественного и количественного состава урожая. Содержание в почве большинства агрохимических показателей значительно изменялось не только от года к году, но также и в течение сезона. Таким образом, на значение балла бонитета в данном случае большое влияние оказывало содержание в почве калия, фосфора, микроэлементов, то есть тех агрохимических показателей, которые регулируются внесением агрохимикатов в почву, что может оказывать влияние на изменения значений балла в отдельные годы.

На большинстве реперных участков можно выделить два периода снижения балла бонитета – 2005-2007 гг. и 2010-2011 гг., что вероятнее всего, связано с экономической ситуацией. Экономические кризисы 2008 и 2011 гг., безусловно, оказали влияние и на агропромышленный комплекс [130, 150]. Сельхозтоваропроизводители были вынуждены полностью отказаться или значительно ограничить внесение в почву удобрений, что отразилось, по нашему мнению, на уровне плодородия и балла почвенного бонитета.

6. РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА И РЕЗУЛЬТАТЫ БОНИТИРОВОЧНОЙ ОЦЕНКИ ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ СУХОСТЕПНОЙ ПОЧВЕННОЙ ЗОНЫ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ С УЧЕТОМ ИХ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

6.1 Зависимость качества конечной продукции растениеводства от содержания тяжелых металлов в почвах

Бонитировка, проведенная по агрохимическим показателям, показывает, что почвы на исследуемой территории находятся в хорошем состоянии и способны обеспечивать высокую урожайность сельскохозяйственных культур. Загрязненность почв тяжелыми металлами следует рассматривать как фактор, оказывающий одно из основных влияний на качество сельскохозяйственной продукции по токсикологическим параметрам [116].

В настоящее время существует достаточно много способов оценки влияния тяжелых металлов на урожайность и качество сельскохозяйственных культур. Общепринятым подходом к расчету такого воздействия является определение функции доза-эффект [195, 199], т.е. принципом таких вычислений является вычисление следующей зависимости – как количество конкретного загрязняющего вещества, попадающего в сельскохозяйственное растение, воздействует на количество и качество конечной продукции. Такая зависимость по общепринятым методикам не может быть линейной и в большинстве случаев выражается логарифмической функцией с множеством поправочных коэффициентов. М.В. Редько [153] в своей научной работе «Бонитировочная оценка почв сельскохозяйственных угодий с учетом их загрязненности тяжелыми металлами (на примере Московской области)» использует для

описания такой зависимости модифицированное уравнение Ричардса (формула 9):

$$y(x) = \frac{P_1}{1 + \exp(P_2 + P_3x + P_4x^2)} + P_5x + P_6, \quad (9)$$

где y – урожайность/качество сельскохозяйственной продукции;

x – концентрация тяжелого металла в почве;

P_1+P_6 – максимальный уровень;

P_2, P_3, P_4 – параметры, описывающие положение и крутизну кривой;

P_5x+P_6 – линейный член уравнения, описывающий минимальные значения y при больших значениях x .

Это уравнение описывает искомый параметр «доза-эффект» как логистическую зависимость. Зависимость «доза-эффект» графически будет иметь вид, приближенный к гиперболе, так как ни концентрация элемента, ни качество продукции практически не может равняться нулю. То есть в какой-то определенный момент происходит насыщение растения элементом до определенного критического уровня, после которого насыщение прекращается. Причинами прекращения насыщения растения элементом может являться гибель растения, физиологические особенности поглощения и насыщения химическим элементом, прекращение роста растения и др. [48]. Это означает, что логистическая функция наиболее хорошо подходит для описания явления "доза-эффект". С помощью подобного выражения влияния содержания тяжелых металлов в почве на качество продукции можно вывести коэффициент, корректирующий качество почв земель сельскохозяйственного назначения по показателю загрязненности тяжелыми металлами. Таким образом, в расчете балла бонитета почв появляется дополнительный корректирующий показатель [13, 18, 27, 30, 49, 158]. Применяемая в работе М.В. Редько [153] методика расчета балла бонитета почв основана на принципе оптимального содержания элемента в почве. Балл бонитета – показатель качества почв по конкретному питательному элементу – определяется как отношение фактического

содержания элемента в почве к оптимальному его содержанию для данного типа почв, выраженное в процентах. Подобный метод основанный на понятии "оптимума" можно применить при оценке качества почв по показателю загрязненности тяжелыми металлами. Механизм поглощения растениями химических элементов из почвы одинаков, поэтому вопрос касается влияния поглощаемых элементов на качество продукции. Для формирования определенного количества продукции определенного качества растению необходимо поглотить из почвы необходимое количество определенных питательных элементов. В результате поглощения из почвы загрязняющих элементов происходит обратный процесс – качество продукции снижается прямо пропорционально количеству поглощенного загрязняющего элемента. При этом, продукция считается приемлемой по качеству и безопасной для употребления в пищу при определенной концентрации в ней загрязняющего химического элемента, в данном случае – тяжелого металла [31, 34, 50].

Допустимое (безопасное) содержание в продукции конкретного тяжелого металла должно напрямую соответствовать допустимому (безопасному) уровню содержания тяжелого металла в почве. Таким образом, расчет качества почв по показателю загрязненности тяжелыми металлами на основе "оптимума" может являться весьма эффективным и простым методом.

Следует отметить, что согласно СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» [156], содержание в продовольственном зерне тяжелых металлов регламентируется в соответствии с таблицей 5.

Однако, действующий СанПиН 2.3.2.1078-01 не регламентирует допустимое содержание в продукции меди и цинка. В этой связи необходимо учитывать допустимые нормы содержания данных элементов, установленные в предыдущей версии данного нормативного акта – СанПиНе 2.3.2.560-96 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов», согласно которого содержание в

продовольственном зерне тяжелых металлов регламентируется в соответствии с таблицей 6 [36, 156].

Таблица 5 - Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Зерно (семена), мукомольно-крупяные и хлебобулочные изделия [142]

Показатели	Допустимые уровни, мг/кг, не более
Свинец	0,5
Мышьяк	0,2
Кадмий	0,1
Ртуть	0,03

Таблица 6 - Гигиенические нормативы качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. Зерно (семена), мукомольно-крупяные и хлебобулочные изделия [156]

Показатели	Допустимые уровни, мг/кг, не более
Свинец	0,5
Мышьяк	0,2
Кадмий	0,1
Ртуть	0,03
Медь	10
Цинк	50

В данном случае возникает вопрос о возможности линейной зависимости между содержанием тяжелого металла в почве и его концентрацией в растении или в конечном продукте. Как было указано выше, поглощение растением загрязняющего элемента возможно до определенного уровня. Но и сами, поглощаемые элементы начинают оказывать негативное воздействие на качество продукции при достижении определенной концентрации в ней. Таким образом, можно говорить о прямой зависимости между концентрацией загрязнителя в почве и его концентрацией в растении. Прямая зависимость будет наблюдаться в следующих пределах: от условно нулевой концентрации

элемента в почве и в растении до концентрации в почве, при которой наступит предел поглощения элемента растением [167, 170, 179, 184, 185].

На основе такой зависимости представлен подход к разработке методики бонитировки почв с учетом их загрязненности тяжелыми металлами. На реперных участках помимо содержания тяжелых металлов в почве определялось содержание тяжелых металлов в основной продукции. В качестве основной продукции выступали озимая пшеница и разнотравье.

В результате проведенного корреляционного анализа выявлена зависимость содержания тяжелых металлов - цинка, кадмия, свинца, меди и мышьяка в продукции от содержания тяжелых металлов в почве (приложение 15-16).

На основании данных корреляционного анализа зависимости содержания тяжелых металлов в озимой пшенице и в почве (рисунок 69) можно отметить, что в 25% случаев существует слабая обратная зависимость между содержанием цинка в почве и содержанием этого элемента в озимой пшенице

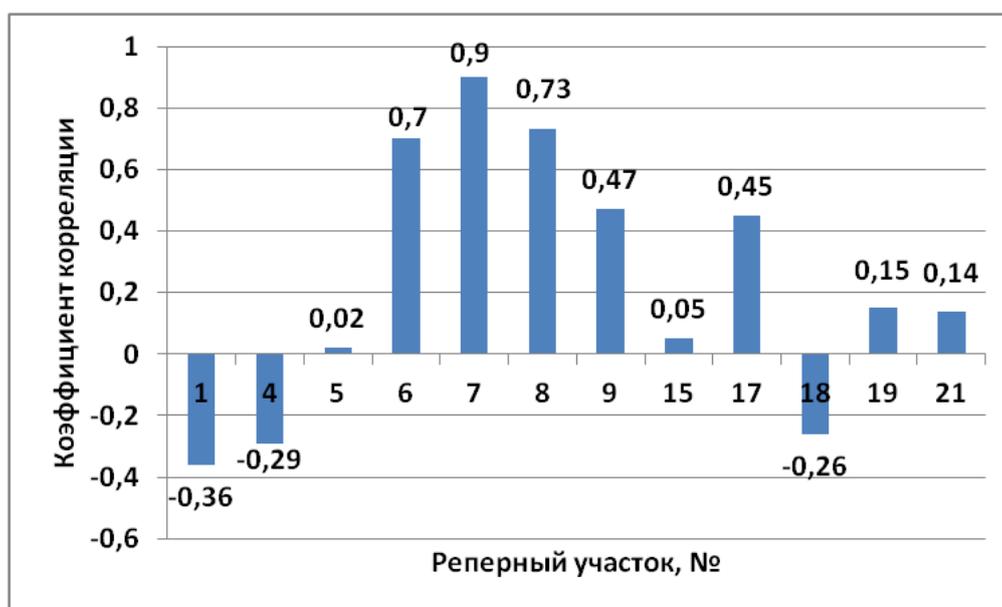


Рисунок 69 - Распределение значений корреляционной зависимости между концентрацией цинка в почве и в озимой пшенице

. Достоверная прямая корреляционная связь установлена в 47% случаев, в остальных 28% случаев зафиксирована слабая прямая зависимость – коэффициент корреляции – менее 0,5. Зависимость между содержанием в почве и в озимой пшенице кадмия распределилась следующим образом: в 33,3% случаев выявлена обратная зависимость, причем в одном случае зависимость сильная (8,3% от общего количества выборок); остальные 66,7% выборок представляют прямую зависимость (из которых 16,6% составляет слабая зависимость и 50,1% - сильная зависимость) (рисунок 70).

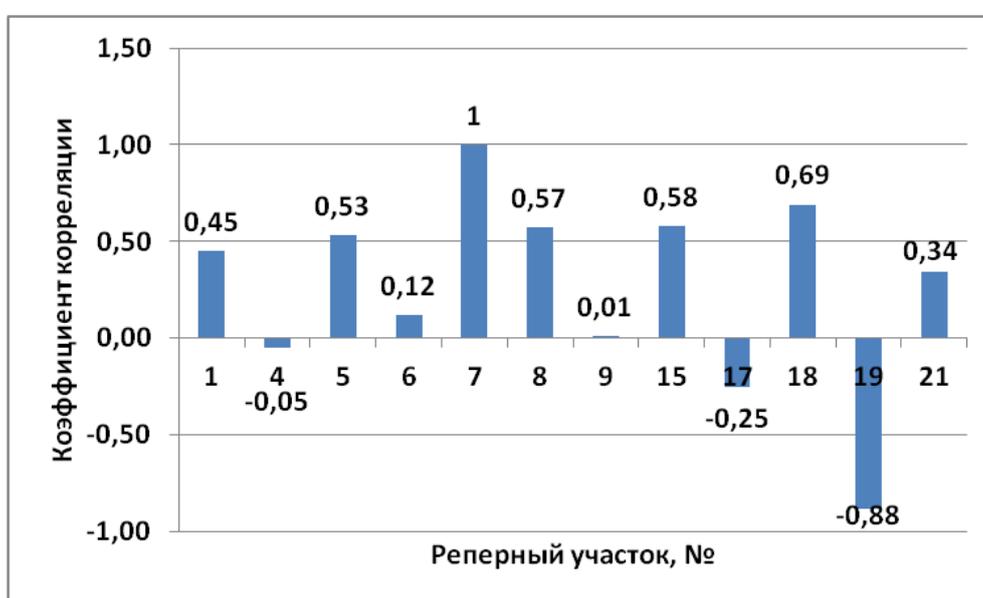


Рисунок 70 -Распределение значений корреляционной зависимости между концентрацией кадмия в почве и в озимой пшенице

В процессе определения зависимости содержания в почве и в озимой пшенице свинца в 41,6% случаев была выявлена обратная зависимость. В одном из случаев такая зависимость была сильной (8,3%). Остальные 58,4% выборок представлены прямой зависимостью, из которых 16,6% - слабая зависимость и 41,8% - сильная зависимость (рисунок 71).

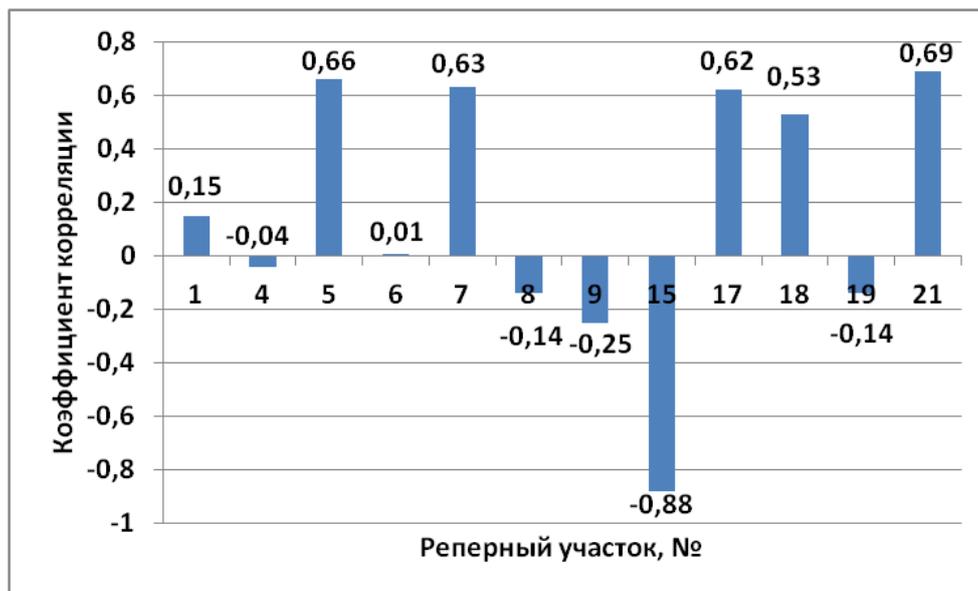


Рисунок 71 - Распределение значений корреляционной зависимости между концентрацией свинца в почве и в озимой пшенице

Зависимость содержания меди распределилась поровну – в 50% случаев зафиксирована прямая зависимость, в 50% случаев обратная. При этом, сильная прямая зависимость составляет всего лишь 8,3% от общего количества выборок. На сильную обратную зависимость приходится 33,3% измерений (рисунок 72).

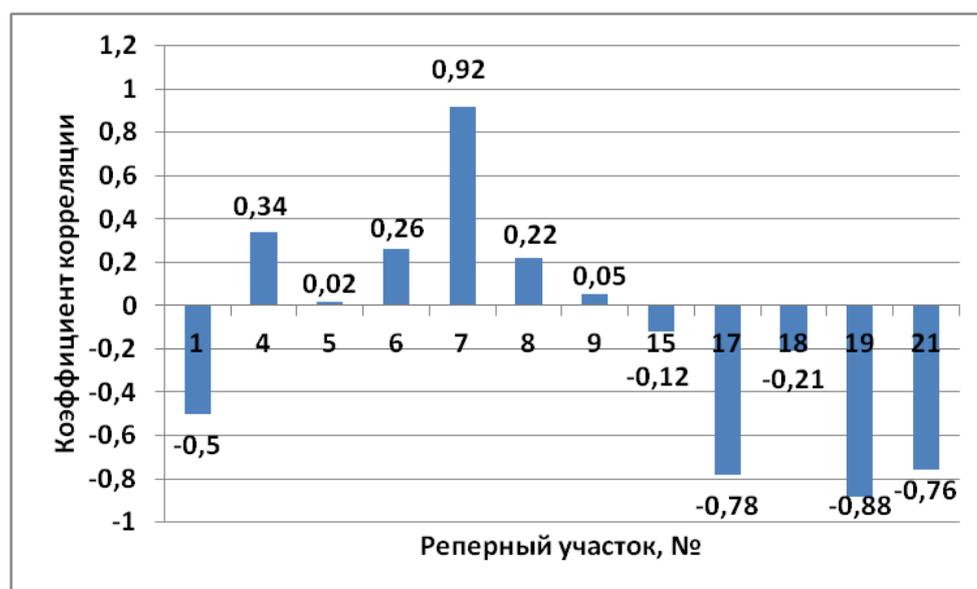


Рисунок 72 - Распределение значений корреляционной зависимости между концентрацией меди в почве и в озимой пшенице

Прямая зависимость по мышьяку зафиксирована в 33,3% случаев, из них на сильную зависимость приходится 25%. В остальных 66,7% измерений наблюдается сильная обратная зависимость (рисунок 73).

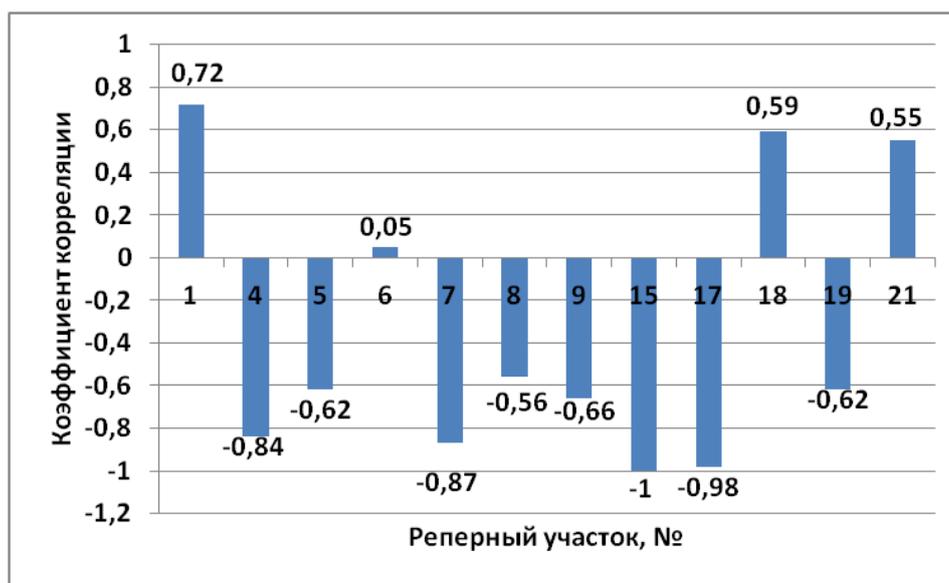


Рисунок 73 -Распределение значений корреляционной зависимости между концентрацией мышьяка в почве и в озимой пшенице

Как видно из полученных данных, в большинстве случаев наблюдается прямая зависимость между содержанием тяжелых металлов в почве и содержанием в озимой пшенице. Исключением является зависимость между содержанием в почве и в пшенице мышьяка.

В данной работе исследовалось валовое содержание мышьяка в почве, в то время, как для остальных тяжелых металлов изучалось содержание подвижных форм (таблица 7).

Таблица 7 -Корреляционная зависимость содержания тяжелых металлов в почве и в озимой пшенице на реперных участках

РУ, №	1	4	5	6	7	8	9	15	17	18	19	21
Zn	-0,36	-0,29	0,02	0,7	0,9	0,73	0,47	0,05	0,45	-0,26	0,15	0,14
Cd	0,45	-0,05	0,53	0,12	1	0,57	0,01	0,58	-0,25	0,69	-0,88	0,34
Pb	0,15	-0,04	0,66	0,01	0,63	-0,14	-0,25	-0,88	0,62	0,53	-0,14	0,69
Cu	-0,5	0,34	0,02	0,26	0,92	0,22	0,05	-0,12	-0,78	-0,21	-0,88	-0,76
As	0,72	-0,84	-0,62	0,05	-0,87	-0,56	-0,66	-1	-0,98	0,59	-0,62	0,55

В процессе корреляционного анализа зависимости содержания тяжелых металлов в разнотравье и содержания тяжелых металлов в почве были получены следующие результаты.

Значения по зависимости содержания цинка разделились пополам. Прямая зависимость наблюдалась в 50% случаев, из которых 10% представлены слабой зависимостью. Из 50% случаев обратной зависимости, слабая зависимость наблюдалась в 30% случаев. Таким образом в статистическом анализе данной выборки преобладает сильная прямая зависимость (рисунок 74).

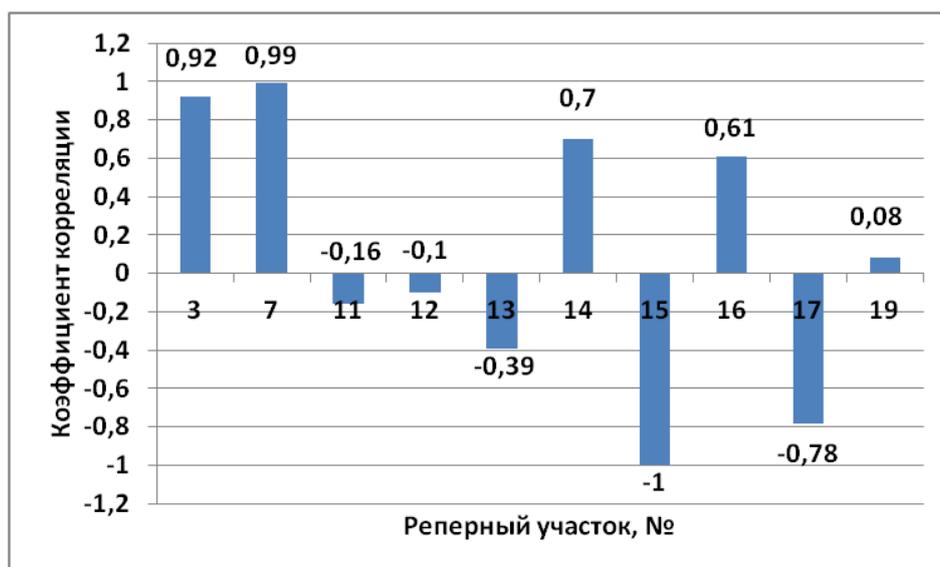


Рисунок 74 -Распределение значений корреляционной зависимости между концентрацией цинка в почве и в разнотравье

Прямая зависимость по содержанию кадмия наблюдалась только в 30% случаев, из которых на сильную зависимость приходится 20%. Сильная обратная зависимость зафиксирована в 50% случаев, остальные 20% представлены слабой обратной зависимостью (рисунок 75).

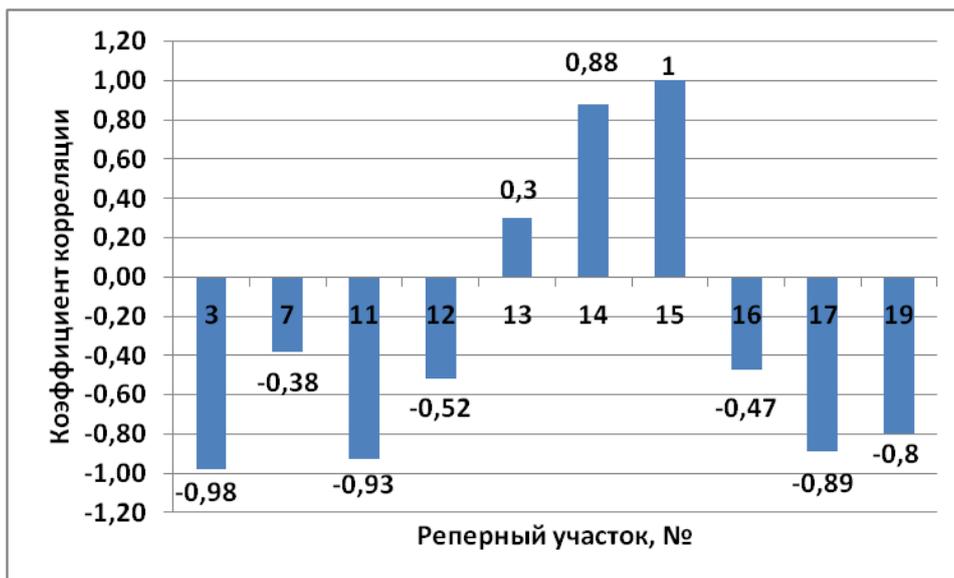


Рисунок 75 - Распределение значений корреляционной зависимости между концентрацией кадмия в почве и в разнотравье

При расчете зависимости содержания свинца была выявлена почти полная прямая зависимость. 80% случаев представлены прямой зависимостью, из которых 60% составляют показатели сильной зависимости. Из 20% случаев обратной зависимости сильная и слабая составляют по 10% (рисунок 76).

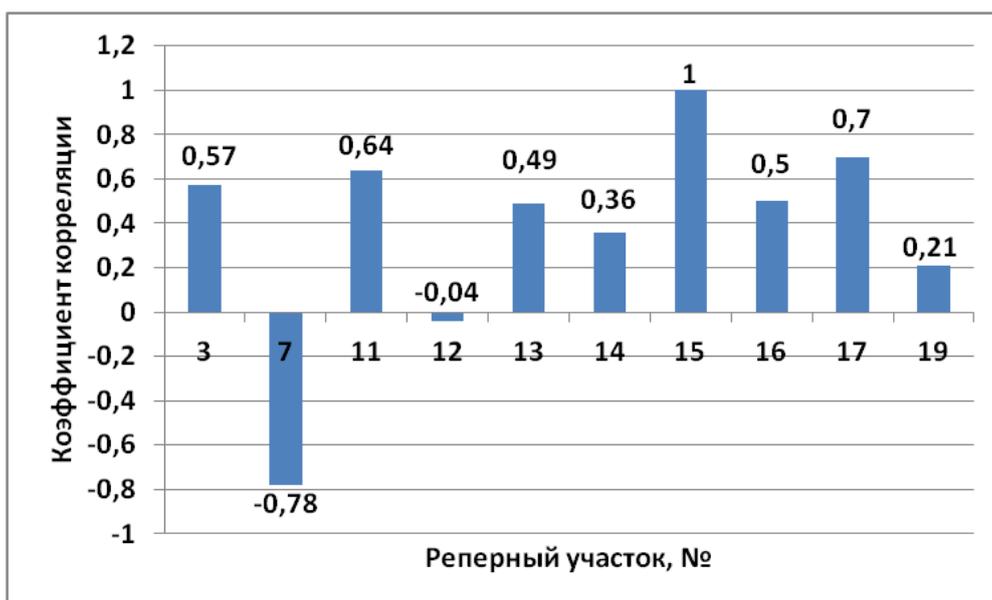


Рисунок 76 - Распределение значений корреляционной зависимости между концентрацией свинца в почве и в разнотравье

Показатели зависимости содержания меди, как и цинка разделились на равные значения. Прямая зависимость наблюдается в 50% случаев, из которых 40% представлены сильной зависимостью. Сильная обратная зависимость наблюдается в 30% случаев (рисунок 77).

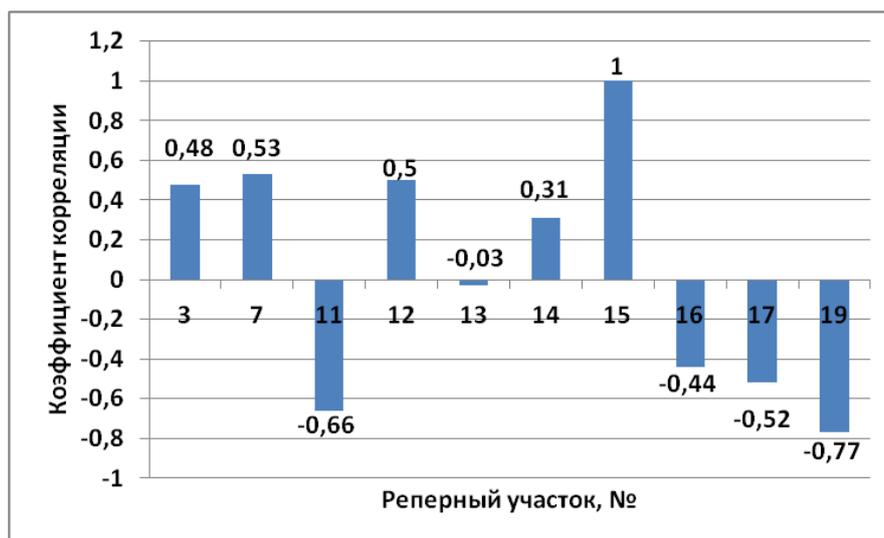


Рисунок 77 -Распределение значений корреляционной зависимости между концентрацией меди в почве и в разнотравье

Распределение значений корреляционной зависимости между концентрацией мышьяка в почве и в разнотравье представлено на рисунке 78

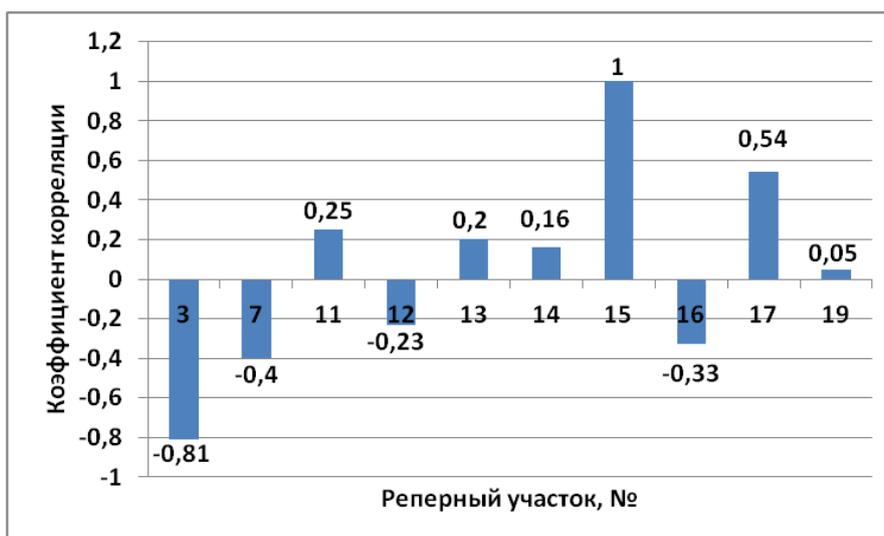


Рисунок 78 - Распределение значений корреляционной зависимости между концентрацией мышьяка в почве и в разнотравье

Такое же распределение значений зависимости как у цинка и меди, наблюдается и в зависимости содержания мышьяка. Из 50% значений прямой зависимости только 10% представляет сильную зависимость. Обратная зависимость распределилась следующим образом: 10% значений показывает сильную зависимость и 40% значений представляет слабую обратную зависимость

Распределение значений прямой и обратной зависимостей содержания тяжелых металлов в почвах и разнотравье несколько отличается от распределения подобных значений для озимой пшеницы. Значения зависимости содержания по трем тяжелым металлам распределились по 50% на прямую и обратную. По содержанию кадмия прямая зависимость наблюдалась только в 30% случаев. Таким образом, отсутствует возможность утверждать, что имеется прямая зависимость между концентрацией тяжелых металлов в почве и концентрацией тяжелых металлов в разнотравье. Однако, концентрация свинца показала почти стопроцентную прямую зависимость (таблица 8).

Таблица 8 -Корреляционная зависимость содержания тяжелых металлов в почве и в разнотравье на реперных участках

РУ, №	3	7	11	12	13	14	15	16	17	19
Zn	0,92	0,99	-0,16	-0,1	-0,39	0,7	-1	0,61	-0,78	0,08
Cd	-0,98	-0,38	-0,93	-0,52	0,3	0,88	1	-0,47	-0,89	-0,8
Pb	0,57	-0,78	0,64	-0,04	0,49	0,36	1	0,5	0,7	0,21
Cu	0,48	0,53	-0,66	0,5	-0,03	0,31	1	-0,44	-0,52	-0,77
As	-0,81	-0,4	0,25	-0,23	0,2	0,16	1	-0,33	0,54	0,05

Полученные результаты исследования показывают, что в отношении основной сельскохозяйственной культуры, выращиваемой на территории Волгоградской области – озимой пшеницы, справедливо утверждение о наличии прямой зависимости между концентрацией тяжелых металлов в почве и концентрацией тяжелых металлов в основной продукции. Исследования концентрации тяжелых металлов в почвах и в разнотравье в большинстве

случаев также показывают наличие прямой зависимости между содержанием элементов.

Таким образом, полученные результаты являются доказательством необходимости учета тяжелых металлов в процессе бонитировочной оценки почв.

6.2 Разработка методического подхода к бонитировочной оценке почв с учетом концентрации в них тяжелых металлов

В научных работах экологического и сельскохозяйственного направления предлагаются методики оценки качественного состояния почв, в которых осуществляется учет нелинейного влияния диагностических признаков на итоговый результат. Подобные подходы подразумевают сложные многошаговые вычисления, зачастую с использованием специализированных компьютерных программ. В этой связи, возникает необходимость разработки обоснованного подхода к оценке качества почв, в котором учитывается не только плодородие, но и эколого-токсикологическое состояние и который являлся бы достаточно простым и понятным в применении [96, 172, 182, 183,190].

На основе зависимостей концентрации тяжелых металлов в почве и в конечной продукции была разработана методика оценки качества почв с учетом содержания в них тяжелых металлов. Базисной методикой послужила методика, разработанная ЦИНАО, по которой в данной работе осуществлялась бонитировочная оценка почв.

Согласно методике ЦИНАО балл плодородия почв определяется по каждому показателю по формуле 10:

$$B_n = \frac{X}{A} \cdot 100, \quad (10)$$

где

B_n – относительный балл показателя плодородия почв;

X – фактическое значение агрохимического показателя;

A – оптимальное значение агрохимического показателя.

Такой расчет балла бонитета по конкретным показателям является наиболее простым и удобным для использования. В данном случае рассчитывается качество почвы относительно оптимального значения.

Оптимальным значением содержания в почве для каждого тяжелого металла является ПДК или ОДК. Таким образом, можно рассчитать балл качества почв относительно оптимального содержания в них тяжелых металлов.

Корректировка балла бонитета почв проводилась в несколько этапов.

1) Определялся балл качества почв по каждому тяжелому металлу. Расчет

проводился по видоизмененной формуле 11:

$$ККП_m = \frac{A}{X}, \quad (11)$$

где:

$ККП_m$ – коэффициент качества почв по содержанию тяжелого металла;

X – фактическое значение содержания тяжелого металла в почве;

A – ПДК тяжелого металла в почве (оптимальное значение).

При такой компоновке расчетной формулы балл качества почв будет тем ниже, чем выше концентрация тяжелого металла в почве относительно ПДК. Если балл качества почвы по конкретному тяжелому металлу будет превышать значение 1, это означает, что концентрация данного металла в почве находится ниже ПДК и в расчете итогового балла бонитета почв он не учитывается.

Значения коэффициента качества почв могут изменяться в пределах от бесконечно малого до 1. Концентрация тяжелого металла в почве не может равняться нулю, соответственно, значение балла качества не может принимать значение 0.

2) Вычисленное значение балла показывает качественное состояние почвы в процентах относительно оптимального качества почв. За оптимальное качество почв принимается значение коэффициента 1 (100% качество). Общий балл бонитета почвы рассчитывается с учетом влияния каждого тяжелого металла по формуле 12:

$$B_{\text{общ}} = 0,5 \cdot (B_1 + B_2) \cdot \text{ККП}_m, \quad (12)$$

где:

B_1 – балл бонитета по основным агрохимическим показателям;

B_2 – балл бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям;

ККП_m – коэффициент качества почвы по содержанию тяжелого металла.

3) Итоговый балл бонитета почвы рассчитывается как среднее арифметическое общих баллов бонитета, скорректированных по ККП_m (формула 13).

$$B_{\text{ит}} = \frac{B_{\text{общ}1} + B_{\text{общ}2} + \dots + B_{\text{общ}n}}{n}, \quad (13)$$

где:

$B_{\text{общ}1,2,n}$ – общий балл бонитета скорректированный по ККП для каждого тяжелого металла;

n – число учитываемых в расчете тяжелых металлов.

Поясняя порядок расчета итогового балла бонитета почв, стоит отметить, что общий балл бонитета необходимо вычислять с учетом влияния каждого тяжелого металла. Определение общего коэффициента качества почв для всех тяжелых металлов неприемлемо, так как в конкретном случае почвы могут

быть сильно загрязнены одним тяжелым металлом и иметь слабое загрязнение другими тяжелыми металлами. В этом случае вычисленный как среднее арифметическое для всех тяжелых металлов коэффициент качества почв будет принимать неверное значение. Таким образом, необходимо учитывать влияние каждого тяжелого металла на итоговый балл бонитета почв.

Для примера приведем расчет итогового балла бонитета почв без учета загрязнения тяжелыми металлами и с учетом загрязненности тяжелыми металлами на реперном участке №1 Городищенского района в 2001 году.

Расчет балла бонитета почв без учета загрязнения тяжелыми металлами производился следующим образом:

1) Рассчитывался балл бонитета по основным агрохимическим показателям.

$$B_g = \frac{1,85}{2,1} \cdot 100 = 88,1; B_p = \frac{15}{32,5} \cdot 100 = 46,15; B_k = \frac{332}{470} \cdot 100 = 70,64;$$

$$B_k = \frac{332}{470} \cdot 100 = 70,64;$$

где балл бонитета вычислен по показателям:

г – гумус; р – подвижный фосфор; к – обменный калий; рН – кислотность;

2) Рассчитывался суммарный оценочный балл основных агрохимических показателей.

$$B_1 = \frac{88,1 + 46,15 + 70,64 + 79,27}{4} = 71,04$$

3) Рассчитывался балл бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям (микроэлементам и сумме поглощенных оснований).

$$B_{\text{осн}} = \frac{30,96}{15,6} \cdot 100 = 198,46; B_{\text{Cu}} = \frac{0,06}{0,25} \cdot 100 = 24;$$

$$B_{Zn} = \frac{0,37}{0,95} \cdot 100 = 38,95; B_{Co} = \frac{0,03}{0,05} \cdot 100 = 52;$$

$$B_{Mn} = \frac{26,3}{27,5} \cdot 100 = 95,64.$$

где балл бонитета вычислен по показателям:

осн – сумма поглощенных оснований; Cu – медь; Zn – цинк; Co – кобальт; Mn – марганец.

4) Рассчитывался суммарный оценочный балл сопутствующих агрохимических показателей.

$$B_2 = \frac{100 + 24 + 38,95 + 52 + 95,64}{5} = 62,12$$

5) Вычислялся общий оценочный балл бонитета.

$$B = 0,5 \cdot (B_1 + B_2) = 66,58$$

Расчет балла бонитета почв с учетом их загрязнения тяжелыми металлами производился следующим образом:

В пунктах 1-4 не производилось никаких изменений и они идентичны вышеописанным.

б) Рассчитывался балл качества почв:

$$B_{Pb} = \frac{6}{5,17} = 1,16; B_{Ni} = \frac{4}{9,04} = 0,44;$$

$$B_{Cu} = \frac{3}{8,26} = 0,36; B_{Zn} = \frac{23}{5,17} = 4,45;$$

$$B_{Cd} = \frac{0,5}{0,11} = 4,55; B_{Cd} = \frac{2}{0,11} = 18,18;$$

$$B_{As} = \frac{2}{9} = 0,22; B_{Hg} = \frac{2,1}{0,028} = 75.$$

Из полученных расчетов видно, что коэффициент качества для свинца, цинка, кадмия и ртути превышает значение 1, что означает отсутствие загрязнения почвы данными тяжелыми металлами. В связи с этим, в расчете итогового балла бонитета эти показатели не учитываются.

7) Вычислялся общий балл бонитета с учетом корректировки по ККП для каждого тяжелого металла:

$$B_{\text{общ}}(Ni) = 0,5 \cdot (71,04 + 62,12) \cdot 0,44 = 29,3;$$

$$B_{\text{общ}}(Cu) = 0,5 \cdot (71,04 + 62,12) \cdot 0,36 = 23,97;$$

$$B_{\text{общ}}(As) = 0,5 \cdot (71,04 + 62,12) \cdot 0,22 = 14,65;$$

8) Рассчитывался итоговый балл бонитета почв с учетом корректировки по коэффициенту качества почв:

$$B_{\text{ит}} = \frac{29,3 + 23,97 + 14,65}{3} = 22,64$$

Вычисленный итоговый балл бонитета почв с учетом корректировки по коэффициенту качества почв значительно отличается от балла бонитета, рассчитанного без учета загрязнения почв тяжелыми металлами. Значение балла снизилось с 66,58 до 22,64, соответственно класс бонитета почв также снизился с VII до III. Данный пример расчета показывает, как зависит качество почв от содержания в них тяжелых металлов. Представленная выше методика расчета почвенного бонитета на основе агрохимических показателей с учетом загрязнения почв тяжелыми металлами является достаточно простой и понятной, что способствует прикладному использованию данной методики в широком спектре сельскохозяйственной и экологической деятельности.

6.3 Результаты бонитировочной оценки почв на реперных участках с учетом их загрязненности тяжелыми металлами

Согласно разработанным методическим подходам к оценке качества почв, была проведена бонитировка почв на реперных участках с учетом загрязненности их тяжелыми металлами, а также сравнительная оценка полученных результатов с бонитировочной оценкой, проведенной без учета загрязнения тяжелыми металлами.

В соответствии с алгоритмом расчета корректировки бонитировочной оценки, на первом этапе был вычислен балл качества почв на каждом реперном участке по каждому тяжелому металлу.

В процессе проведенных исследований было выявлено загрязнение почв свинцом на некоторых реперных участках в отдельные годы исследований. Постоянного систематического загрязнения почв свинцом не наблюдалось, соответственно в подавляющем большинстве случаев на реперных участках балл качества почв по свинцу превышал значение 100.

Не было выявлено загрязнения почв ртутью, цинком и кадмием. Балл качества по данным тяжелым металлам на несколько порядков превышал значение 100, причем для кадмия балл качества был рассчитан по верхней и нижней границе ОДК.

Балл качества почв по никелю, меди и мышьяку на всех реперных участках принимал значения ниже 100 в соответствии с выявленными концентрациями данных металлов в почвах.

В соответствии с разработанной методикой, полученные баллы качества почв были преобразованы в коэффициенты качества почв. На основе полученных данных была проведена корректировка бонитировочной оценки почв с учетом выявленных коэффициентов качества почв (ККП).

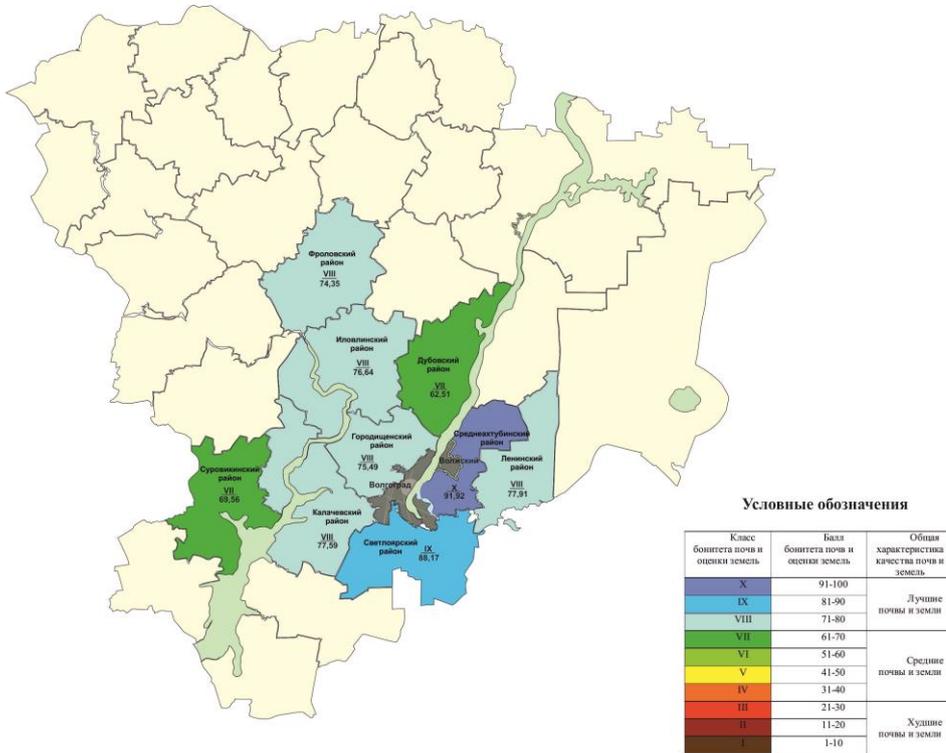
Проводя оценку корректировки баллов и классов бонитета с учетом коэффициента качества почв в разрезе административных районов по годам исследований, можно выделить некоторые особенности. Так, в 2001 году на реперных участках №6, №9, №10, №14, №15, №16, №19 класс бонитета снизился на 5 позиций, на реперном участке №13 класс бонитета снизился на 6 позиций - с IX до III класса (таблица 9, рисунок 79).

Таблица 9 - Результаты бонитировочной оценки почв на реперных участках в 2001 году с учетом корректировки по коэффициенту качества почв (ККП)

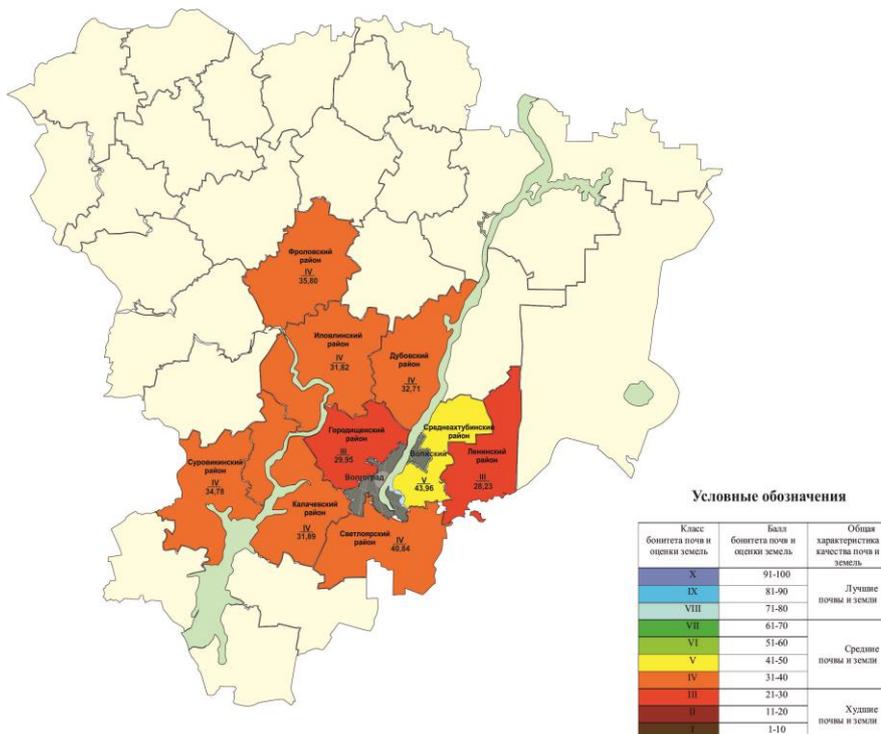
Административный район	РУ, №	Балл бонитета	Класс бонитета	ККП(Pb)	ККП(Ni)	ККП(Cu)	ККП(As)	Скорректированный балл бонитета	Скорректированный класс бонитета
Городищенский	1	66,58	VII	-	0,44	0,36	0,22	22,64	III
	2	70,36	VII	-	0,54	0,40	0,23	27,44	III
	7	78,16	VIII	-	0,51	0,43	0,29	32,05	IV
	10	82,10	IX	-	0,53	0,47	0,25	34,21	IV
	21	80,25	VIII	-	0,40	0,56	0,29	33,44	IV
Калачевский	3	78,15	VIII	-	0,52	0,43	0,27	31,78	IV
	4	78,54	VIII	-	0,55	0,44	0,24	32,20	IV
	17	76,08	VIII	-	0,37	0,53	0,35	31,70	IV
Иловлинский	5	73,58	VIII	-	0,59	0,44	0,33	33,36	IV
	6	79,69	VIII	-	0,44	0,43	0,27	30,28	III
Светлоярский	8	89,92	IX	-	0,69	0,41	0,27	41,07	V
	9	86,43	IX	-	0,73	0,42	0,26	40,62	IV
Дубовский	11	71,67	VIII	-	0,89	0,68	0,32	45,15	V
	12	53,35	VI	-	-	-	0,38	20,27	II
Ленинский	13	84,43	IX	-	0,42	0,33	0,25	28,14	III
	14	71,40	VIII	-	0,46	0,41	0,32	28,32	III
Среднеахтубинский	15	87,09	IX	-	0,53	0,49	0,32	38,90	IV
	16	96,75	X	-	0,58	0,56	0,38	49,02	V
Суровикинский	18	69,56	VII	-	0,44	0,77	0,29	34,78	IV
Фроловский	19	72,06	VIII	-	0,41	0,59	0,29	30,98	III
	20	76,64	VIII	-	0,48	0,75	0,36	40,62	IV

По данным 2003 года наибольшая разница в значениях баллов бонитета почвы зафиксирована на реперных участках №3, №4, №8, №11, №17, №18, №21, где класс бонитета снизился на 5 позиций после корректировки с учетом ККП. На реперном участке №14 класс бонитета снизился на 6 позиций, соответственно, балл бонитета на данном реперном участке снизился на 63%. Результаты корректировки баллов и классов бонитета по коэффициенту

качества почв представлены в таблице 10, картограмма бонитировочной оценки почв – на рисунке 80.



а)



б)

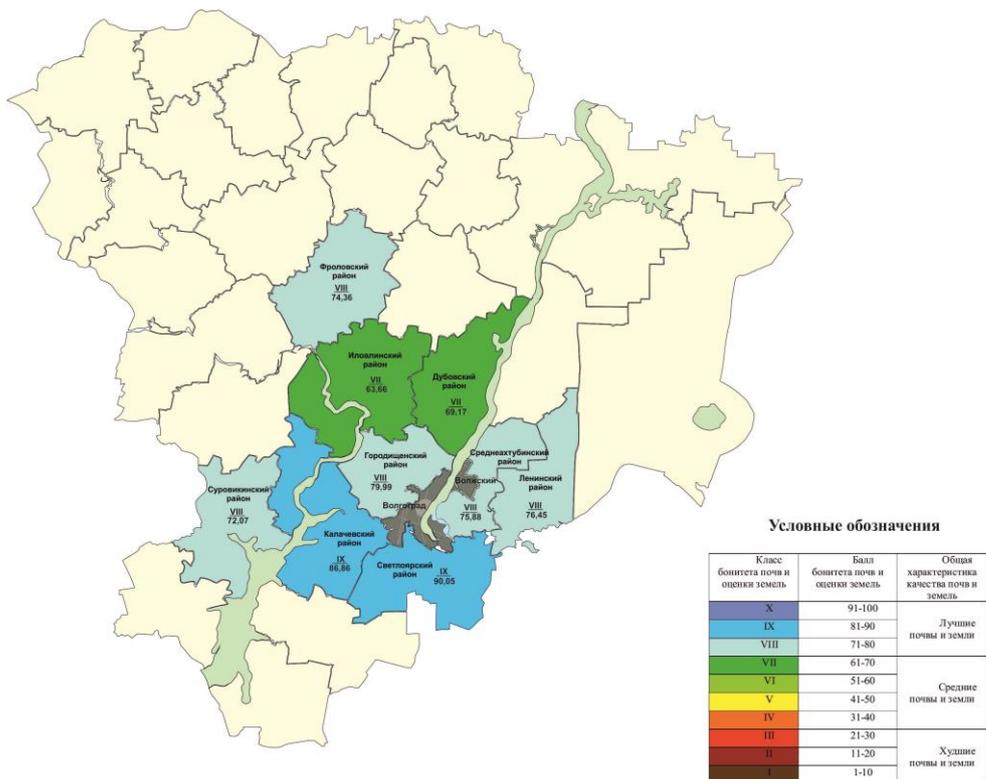
Рисунок 79 - Картограмма бонитировочной оценки почв по данным 2001 года:
 а) бонитет почв; б) бонитет почв с учетом загрязнения тяжелыми металлами

Таблица 10 - Результаты бонитировочной оценки почв на реперных участках в 2003 году с учетом корректировки по коэффициенту качества почв (ККП)

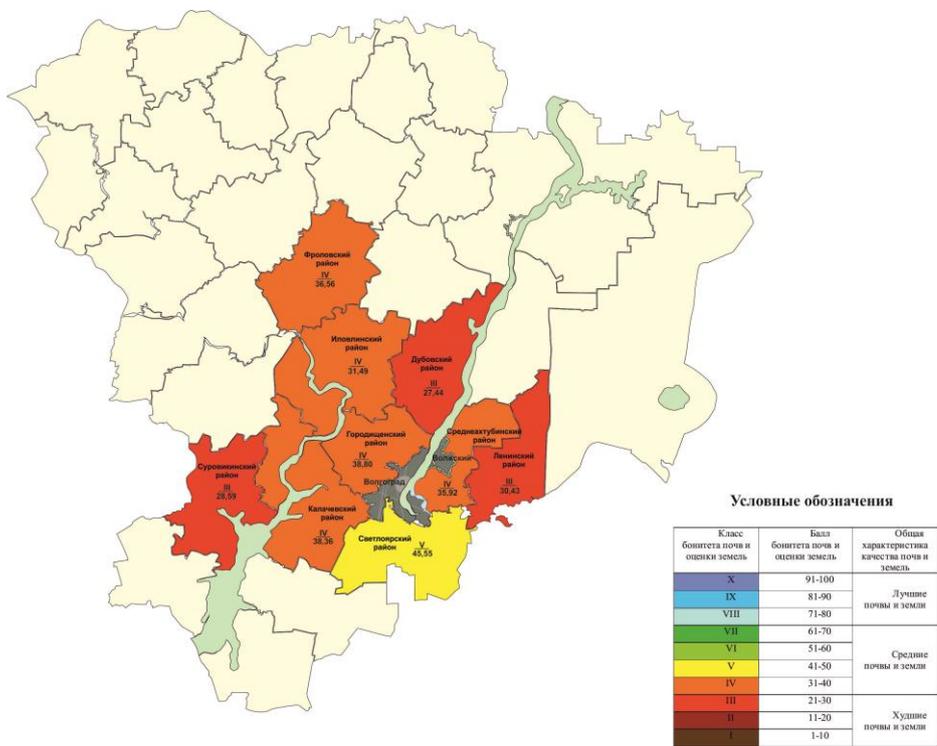
Административный район	РУ, №	Балл бонитета	Класс бонитета	ККП(Pb)	ККП(Ni)	ККП(Cu)	ККП(As)	Скорректированный балл бонитета	Скорректированный класс бонитета
Городищенский	1	69,22	VII		0,53	0,45	0,27	28,84	III
	2	76,08	VIII		0,56	0,47	0,27	32,97	IV
	7	92,85	X		0,80	0,58	0,29	51,69	VI
	10	87,24	IX		0,86	0,60	0,36	52,93	VI
	21	74,58	VIII		0,40	0,38	0,33	27,60	III
Калачевский	3	84,53	IX		0,57	0,50	0,29	38,32	IV
	4	91,06	X		0,59	0,53	0,27	42,19	V
	17	84,99	IX		0,43	0,47	0,32	34,56	IV
Иловлинский	5	65,55	VII		0,71	0,58	0,33	35,39	IV
	6	61,77	VII		0,54	0,52	0,28	27,59	III
Светлоярский	8	91,19	X		0,83	0,41	0,28	46,20	V
	9	88,91	IX	0,91	0,46	0,38	0,27	44,90	V
Дубовский	11	84,80	IX		0,49	0,35	0,42	35,62	IV
	12	53,53	VI				0,36	19,27	II
Ленинский	13	61,37	VII		0,62	0,41	0,29	27,00	III
	14	91,52	X		0,47	0,34	0,30	33,86	IV
Средне-ахтубинский	15	78,90	VIII		0,58	0,39	0,33	34,19	IV
	16	72,86	VIII		0,66	0,51	0,38	37,64	IV
Суrowsикинский	18	72,07	VIII		0,50	0,40	0,29	28,59	III
Фроловский	19	67,14	VII		0,58	0,50	0,34	31,78	IV
	20	81,59	IX		0,55	0,59	0,38	41,34	V

Результаты корректировки баллов и классов бонитета на реперных участках по данным 2005 года приведены в таблице 11. Картограмма бонитировочной оценки почв представлена на рисунке 81.

Произведенные расчеты корректировки баллов и классов бонитета почв выявили следующие закономерности: на реперных участках №1, №2, №4, №5, №7, №8, №13, №14, №15, №16, №19 класс бонитета снизился на 5 позиций, на реперных участках №6, №9, №17 класс бонитета снизился на 6 позиций. Наименьшее снижение зафиксировано на реперных участках №10, №11, №12, где снижение класса бонитета составило 3 позиции.

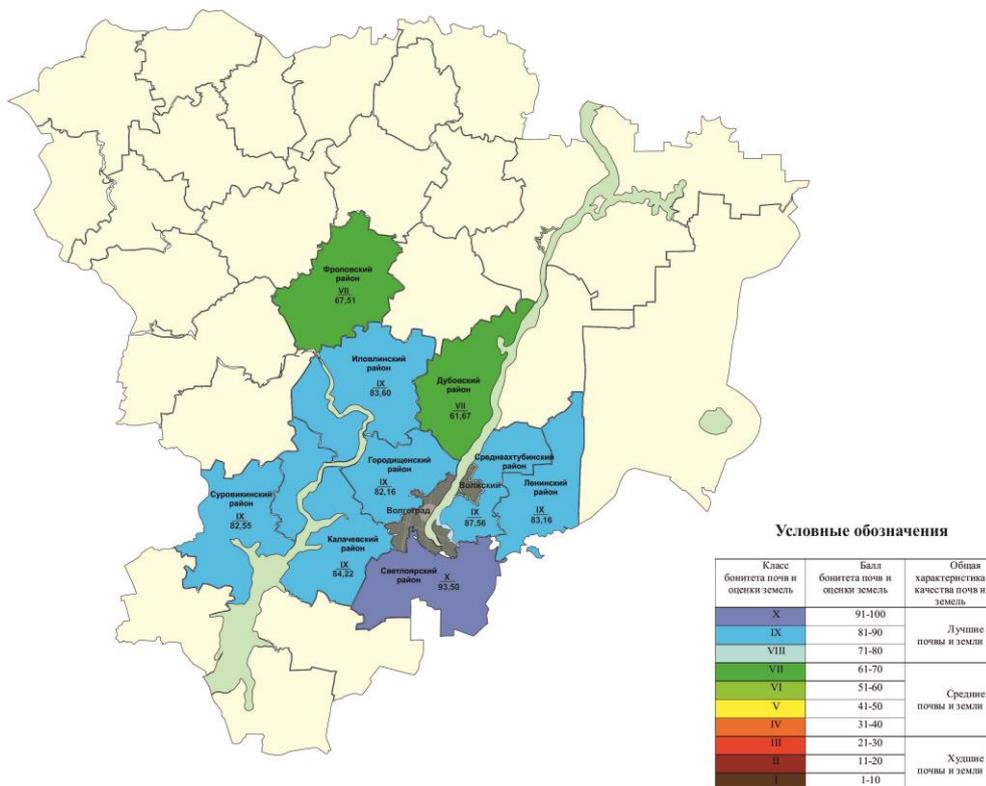


а)

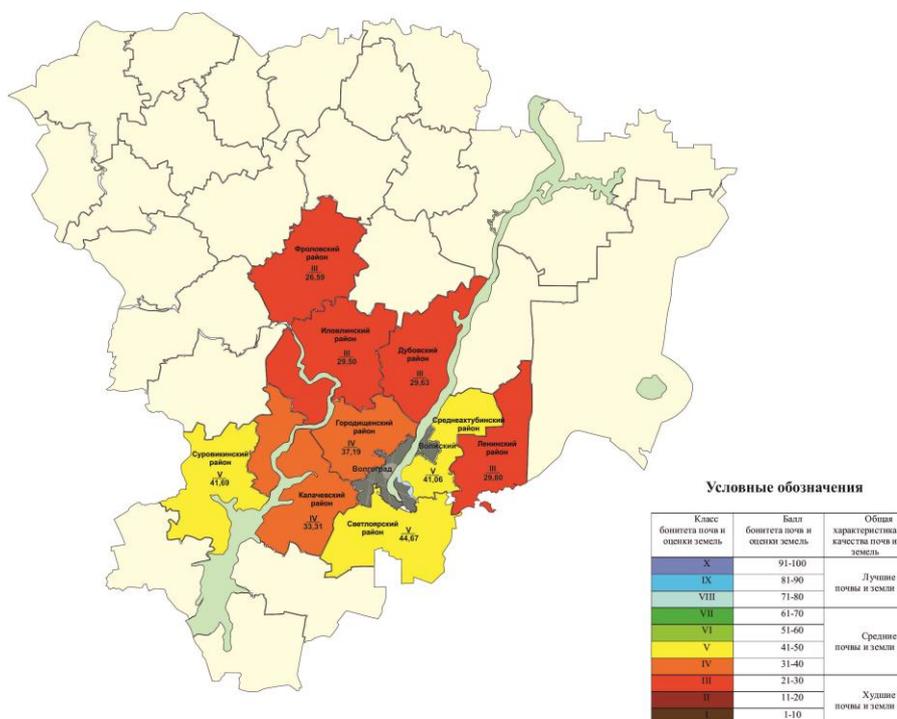


б)

Рисунок 80 - Картограмма бонитировочной оценки почв по данным 2003 года:
 а) бонитет почв; б) бонитет почв с учетом загрязнения тяжелыми металлами



а)



б)

Рисунок 81 - Картограмма бонитировочной оценки почв по данным 2005 года: а) бонитет почв; б) бонитет почв с учетом загрязнения тяжелыми металлами

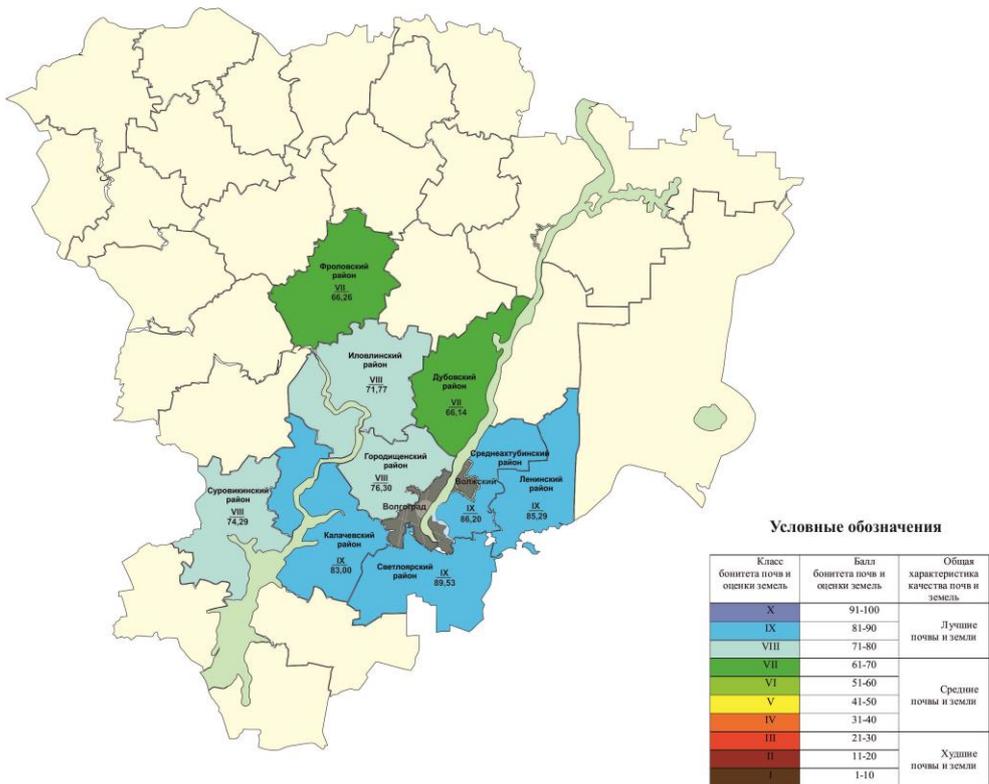
Таблица 11 - Результаты бонитировочной оценки почв на реперных участках в 2005 году с учетом корректировки по коэффициенту качества почв (ККП)

Административный район	РУ, №	Балл бонитета	Класс бонитета	ККП(Pb)	ККП(Ni)	ККП(Cu)	ККП(As)	Скорректированный балл бонитета	Скорректированный класс бонитета
Городищенский	1	76,61	VIII		0,60	0,33	0,22	29,37	III
	2	76,54	VIII		0,64	0,34	0,22	30,62	III
	7	97,73	X	0,77	0,50	0,33	0,22	44,47	V
	10	70,96	VII	0,80		0,34	0,36	35,48	IV
	21	88,95	IX	0,95	0,49	0,35	0,28	46,03	V
Калачевский	3	90,80	IX	0,89	0,42	0,30	0,22	41,54	V
	4	77,56	VIII		0,51	0,36	0,28	29,73	III
	17	84,31	IX		0,43	0,36	0,23	28,66	III
Иловлинский	5	77,20	VIII		0,51	0,36	0,28	29,59	III
	6	89,99	IX			0,73	0,25	29,40	III
Светлоярский	8	95,70	X	0,75	0,81	0,25	0,32	50,96	V
	9	91,37	X		0,60	0,37	0,29	38,38	IV
Дубовский	11	66,44	VII			0,76	0,27	34,22	IV
	12	56,89	VI			0,62	0,26	25,03	III
Ленинский	13	80,04	VIII		0,47	0,34	0,26	28,55	III
	14	86,27	IX		0,51	0,32	0,25	31,06	IV
Средне-ахтубинский	15	91,72	X	0,92	0,50	0,31	0,36	47,92	V
	16	83,41	IX		0,55	0,30	0,38	34,20	IV
Суровикинский	18	82,55	IX	0,88	0,54	0,30	0,30	41,69	V
Фроловский	19	79,70	VIII		0,56	0,39	0,26	32,14	IV
	20	55,33	VI			0,50	0,26	21,03	III

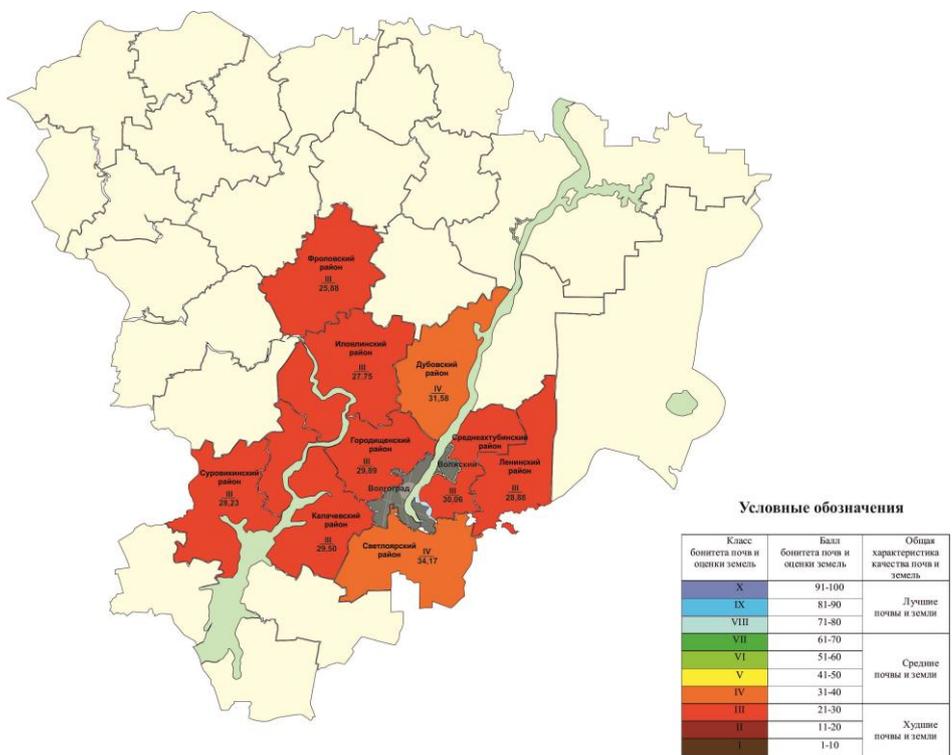
Картограмма бонитировочной оценки почв на реперных участках по результатам исследований за 2007 год представлена на рисунке 82.

Результаты корректировки баллов и классов бонитета почв по коэффициенту качества почв представлены в таблице 12.

Корректировка баллов и классов почвенного бонитета показала следующие результаты. Наибольшее снижение класса бонитета произошло на реперных участках №7, №3, №9, №13, №14, №15, где класс бонитета снизился на 6 позиций, при этом некоторые почвы по качественной характеристике переходят из категории лучших в категорию худших.



а)



б)

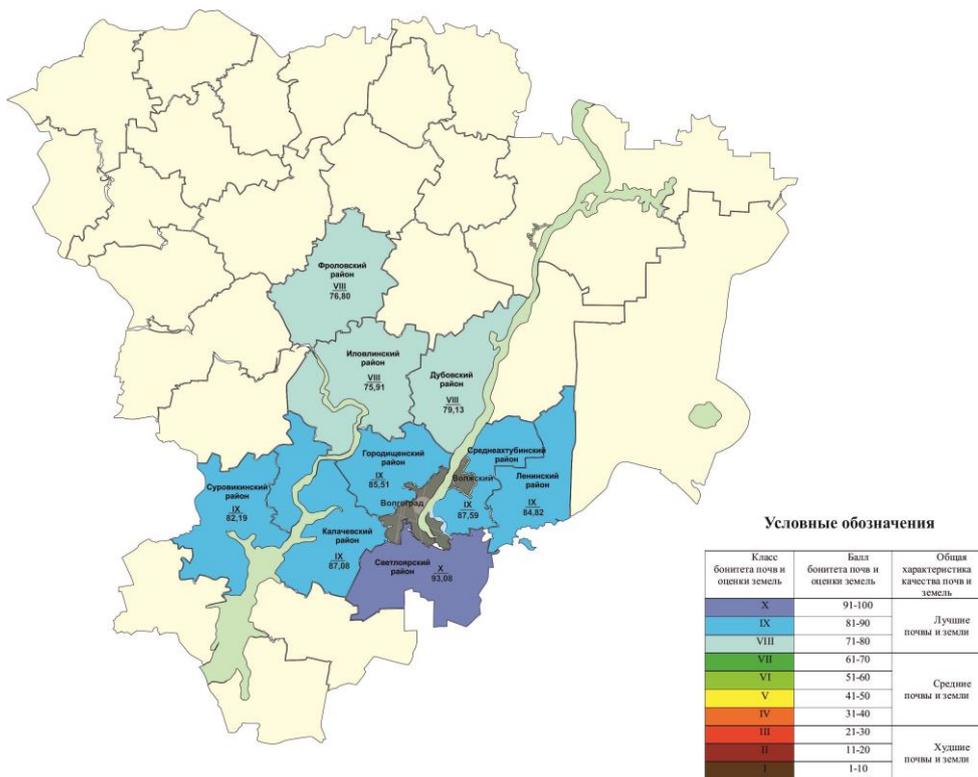
Рисунок 82 - Картограмма бонитировочной оценки почв по данным 2007 года: а) бонитет почв; б) бонитет почв с учетом загрязнения тяжелыми металлами

На реперных участках №1, №4, №6, №8, №16, №17, №18, №19 класс бонитета после корректировки снизился на 5 позиций. Наименьшее снижение класса бонитета зафиксировано на реперных участках №10, №11, №20 - на 3 позиции.

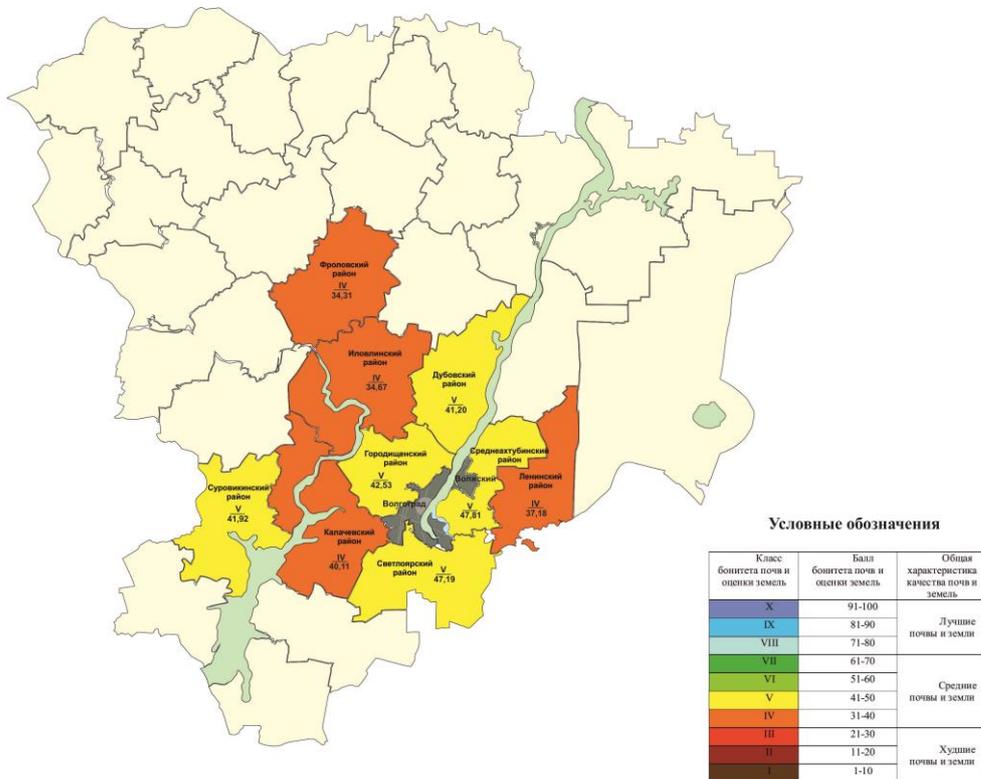
Таблица 12 - Результаты бонитировочной оценки почв на реперных участках в 2007 году с учетом корректировки по коэффициенту качества почв (ККП)

Административный район	РУ, №	Балл бонитета	Класс бонитета	ККП(Pb)	ККП(Ni)	ККП(Cu)	ККП(As)	Скорректированный балл бонитета	Скорректированный класс бонитета
Городищенский	1	75,69	VIII		0,31	0,38	0,23	23,21	III
	2	64,59	VII		0,33	0,42	0,23	21,10	III
	7	91,26	X		0,44	0,38	0,23	31,94	IV
	10	70,42	VII		0,42	0,75	0,38	36,38	IV
	21	79,55	VIII	0,83	0,25	0,48	0,29	36,79	IV
Калачевский	3	92,77	X		0,39	0,49	0,23	34,32	IV
	4	78,54	VIII		0,47	0,47	0,22	30,37	III
	17	77,68	VIII		0,30	0,39	0,23	23,82	III
Иловлинский	5	67,08	VII		0,49	0,47	0,28	27,73	III
	6	76,45	VIII		0,38	0,43	0,28	27,78	III
Светлоярский	8	87,64	IX		0,35	0,54	0,25	33,30	IV
	9	91,41	X		0,45	0,44	0,26	35,04	IV
Дубовский	11	67,89	VII		0,50	0,73	0,29	34,40	IV
	12	64,39	VII		0,34	0,77	0,23	28,76	III
Ленинский	13	82,87	IX		0,42	0,31	0,26	27,35	III
	14	87,71	IX		0,24	0,57	0,23	30,41	III
Средне-ахтубинский	15	98,22	X		0,31	0,50	0,29	36,02	IV
	16	74,18	VIII	0,38	0,30	0,29	0,33	24,11	III
Суrowsикинский	18	74,29	VIII		0,27	0,59	0,28	28,23	III
Фроловский	19	75,42	VIII		0,29	0,48	0,25	25,64	III
	20	57,10	VI	0,67	0,29	0,58	0,29	26,12	III

Картограмма бонитировочной оценки почв на реперных участках по результатам исследований за 2009 год представлена на рисунке 83.



а)



б)

Рисунок 83 - Картограмма бонитировочной оценки почв по данным 2009 года:
а) бонитет почв; б) бонитет почв с учетом загрязнения тяжелыми металлами

Полученные результаты корректировки баллов и классов бонитета по данным за 2009 год исследования (таблица 13) показывают, что на реперных участках №1, №4, №17, №9, №13, №14 класс бонитета почв снизился на 5 позиций. На реперных участках №11, №15 класс бонитета снизился на 3 позиции, на остальных участках - на 4 позиции. Стоит отметить, что полученные результаты показывают общий уровень снижения класса бонитета почв, меньший, чем за предыдущие годы исследований. В частности, не зафиксировано ни одного случая снижения класса бонитета почв на 6 позиций. Кроме того, класс бонитета снизился на 5 позиций на меньшем количестве реперных участков, чем в предыдущие годы исследований.

Таблица 13 - Результаты бонитировочной оценки почв на реперных участках в 2009 году с учетом корректировки по коэффициенту качества почв (ККП)

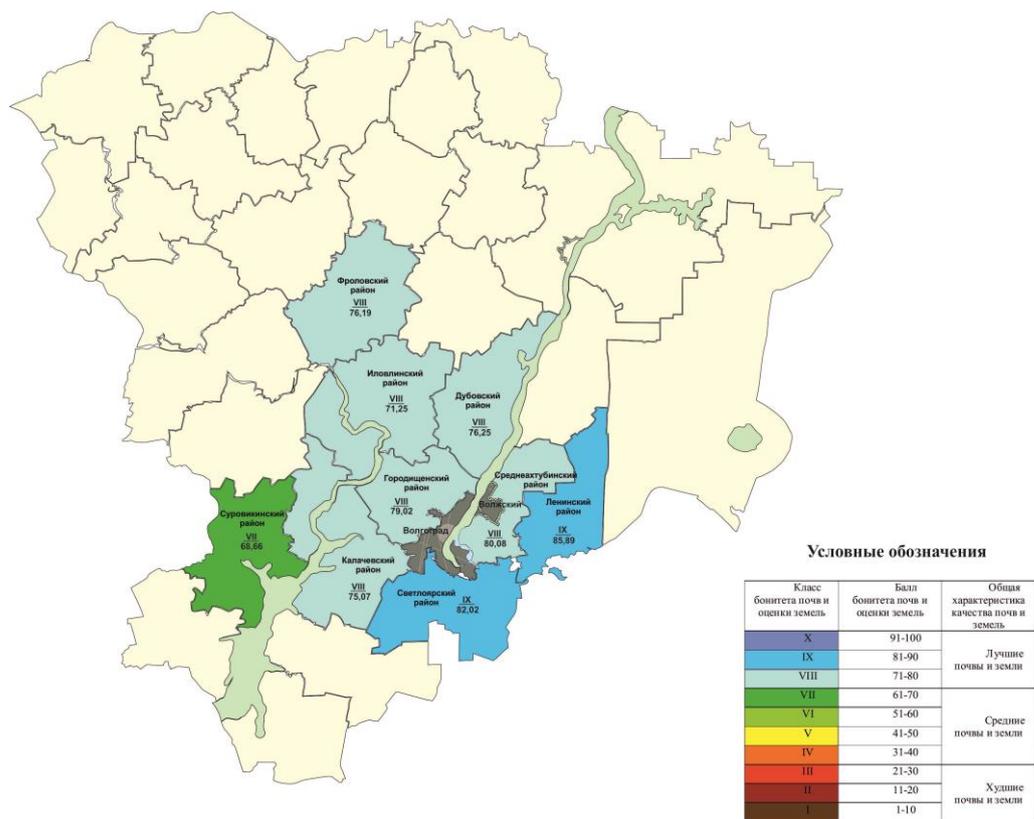
Административный район	РУ, №	Балл бонитета	Класс бонитета	ККП(Pb)	ККП(Ni)	ККП(Cu)	ККП(As)	Скорректированный балл бонитета	Скорректированный класс бонитета
Городищенский	1	94,80	X	0,76	0,44	0,38	0,21	42,42	V
	2	87,93	IX	0,93	0,44	0,55	0,22	47,04	V
	7	82,18	IX		0,77	0,53	0,22	41,64	V
	10	77,13	VIII		0,67	0,51	0,37	39,85	IV
	21	85,50	IX	0,93	0,36	0,39	0,27	41,68	V
Калачевский	3	94,88	X	0,95	0,58	0,52	0,22	53,84	VI
	4	86,24	IX		0,57	0,52	0,22	37,66	IV
	17	80,11	VIII		0,42	0,42	0,24	28,84	III
Иловлинский	5	75,70	VIII		0,54	0,51	0,28	33,56	IV
	6	76,13	VIII		0,61	0,53	0,27	35,78	IV
Светлоярский	8	95,04	X	0,80	0,52	0,53	0,32	51,56	VI
	9	91,12	X		0,57	0,53	0,31	42,83	V
Дубовский	11	80,40	VIII		0,82	0,58	0,29	45,29	V
	12	77,86	VIII		0,65	0,51	0,27	37,11	IV
Ленинский	13	84,68	IX		0,56	0,48	0,28	37,26	IV
	14	84,97	IX		0,56	0,49	0,26	37,10	IV
Средне-ахтубинский	15	85,43	IX	0,99	0,56	0,46	0,38	51,04	VI
	16	89,74	IX		0,61	0,48	0,40	44,57	V
Суровикинский	18	82,19	IX	0,93	0,39	0,41	0,31	41,92	V
Фроловский	19	76,45	VIII		0,55	0,50	0,27	33,64	IV
	20	77,16	VIII		0,54	0,53	0,29	34,98	IV

По результатам корректировки бонитировочных баллов и классов почв за 2011 год были получены следующие результаты. Наибольшее снижение класса

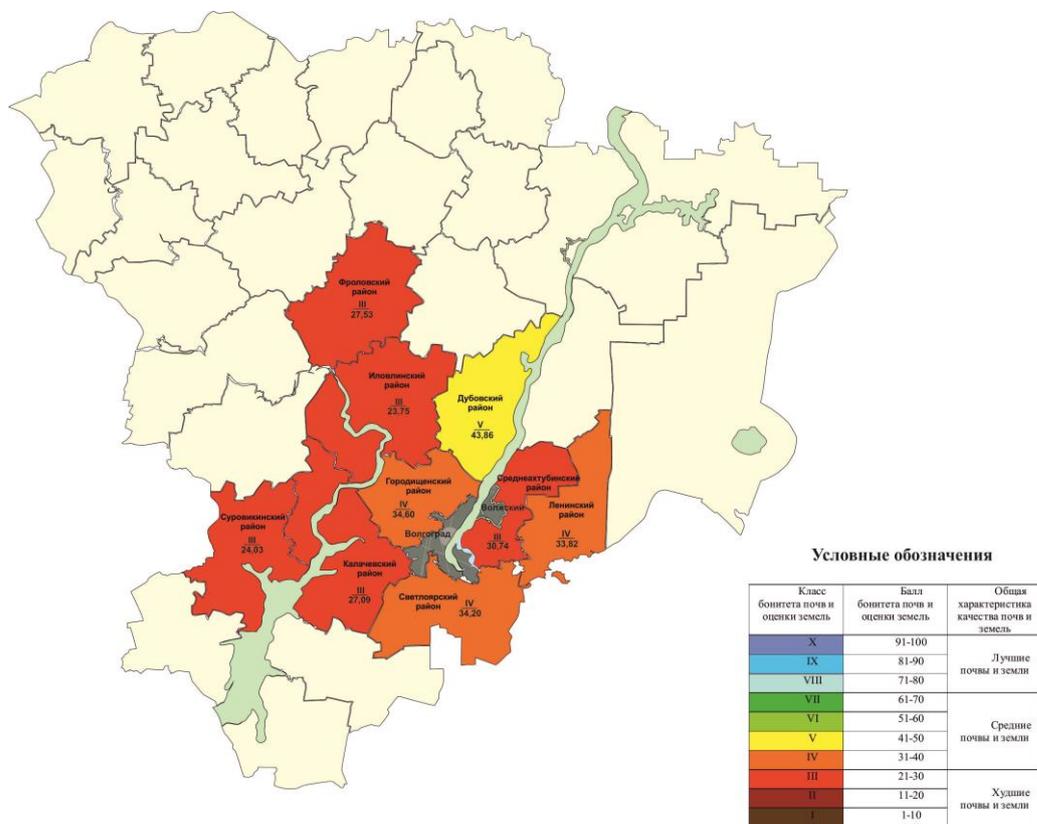
бонитета выявлено на реперных участках №9, №14, №15, расположенных в Светлоярском, Ленинском и Среднеахтубинском районах соответственно и составило снижение на 6 позиций. Таким образом, балл бонитета на данных участках снизился порядка 60%. На реперных участках №21, №3, №4, №17, №6, №13, №19 и №20 зафиксировано снижение класса бонитета на 5 позиций. Наименьший уровень снижения класса бонитета – 3 позиции – зафиксирован на реперных участках №11 и №12. Оба эти реперные участки расположены на территории Дубовского района. Результаты корректировки баллов и классов бонитета на реперных участках по данным 2011 года приведены в таблице 14. Картограмма бонитировочной оценки почв на реперных участках представлена на рисунке 84.

Таблица 14 - Результаты бонитировочной оценки почв на реперных участках в 2011 году с учетом корректировки по коэффициенту качества почв (ККП)

Административный район	РУ, №	Балл бонитета	Класс бонитета	ККП(Pb)	ККП(Ni)	ККП(Cu)	ККП(As)	Скорректированный балл бонитета	Скорректированный класс бонитета
Городищенский	1	74,44	VIII	0,98	0,28	0,32	0,23	33,69	IV
	2	76,60	VIII	0,98	0,34	0,38	0,24	37,15	IV
	7	69,85	VII		0,32	0,35	0,26	21,65	III
	10	99,09	X	0,94	0,71	0,31	0,33	56,73	VI
	21	75,09	VIII		0,31	0,38	0,26	23,78	III
Калачевский	3	76,92	VIII		0,38	0,50	0,23	28,46	III
	4	86,44	IX		0,40	0,48	0,28	33,42	IV
	17	61,84	VII		0,28	0,36	0,30	19,38	II
Иловлинский	5	70,79	VII		0,33	0,39	0,31	24,31	III
	6	71,70	VIII		0,29	0,35	0,33	23,18	III
Светлоярский	8	78,86	VIII	0,77	0,43	0,38	0,42	39,43	IV
	9	85,17	IX		0,32	0,40	0,30	28,96	III
Дубовский	11	96,60	X		0,83	0,94	0,26	65,37	VII
	12	55,89	VI				0,40	22,36	III
Ленинский	13	86,47	IX		0,53	0,49	0,36	39,77	IV
	14	85,32	IX		0,33	0,39	0,26	27,87	III
Среднеахтубинский	15	83,04	IX		0,36	0,36	0,34	29,34	III
	16	77,11	VIII		0,41	0,50	0,34	32,13	IV
Суrowикинский	18	68,66	VII		0,35	0,40	0,30	24,03	III
Фроловский	19	72,94	VIII		0,31	0,41	0,27	24,07	III
	20	79,44	VIII		0,38	0,51	0,28	30,98	III



а)



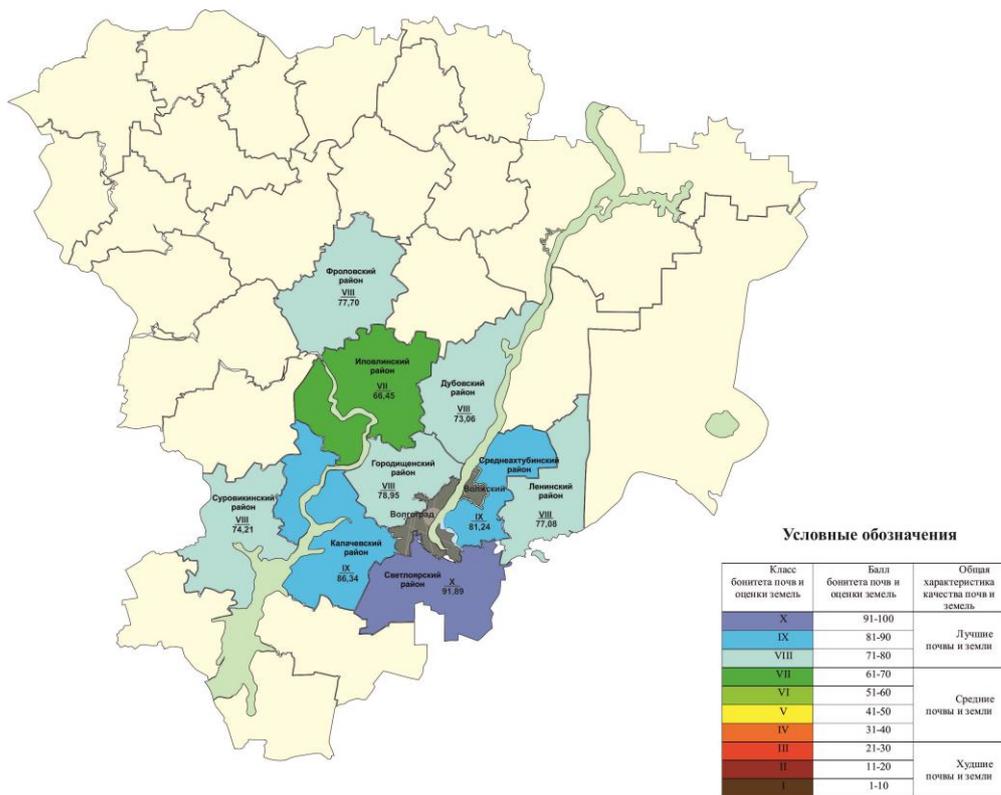
б)

Рисунок 84 - Картограмма бонитировочной оценки почв по данным 2011 года: а) бонитет почв; б) бонитет почв с учетом загрязнения тяжелыми металлами

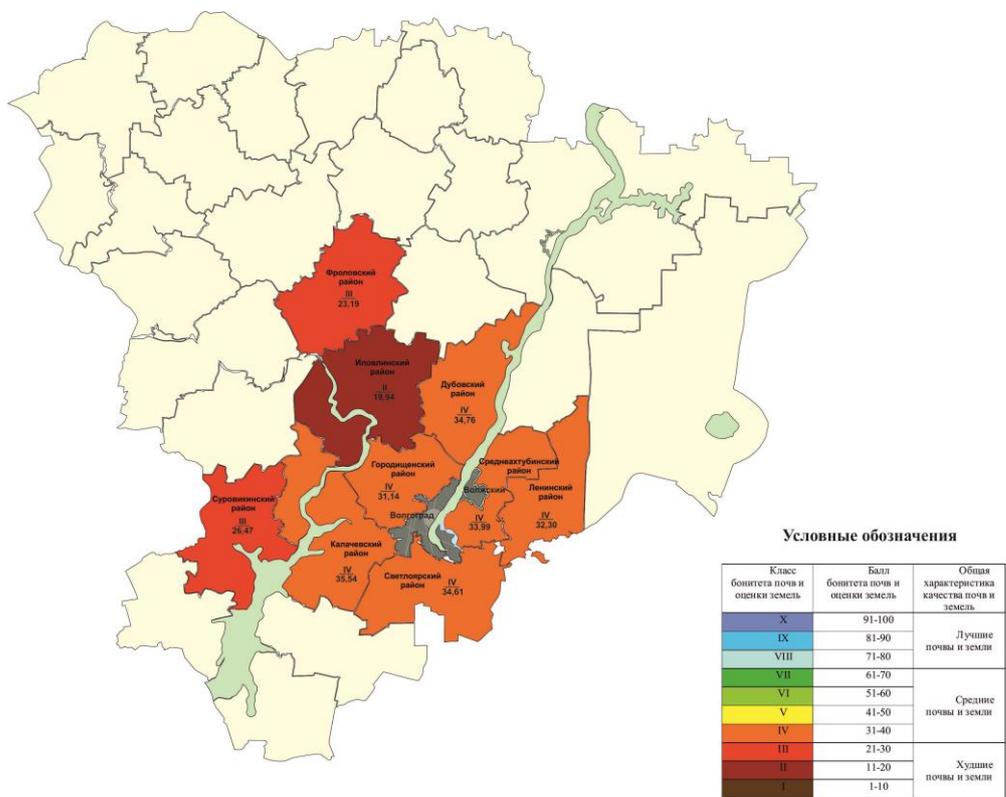
Бонитировочная оценка почв с учетом корректировки по коэффициенту качества почв в 2013 году выявила следующие результаты. На реперных участках №№1, 2, 3, 5, 6, 7, 13, 14, 15, 18, 20, 21 класс бонитета после корректировки снизился на 5 позиций. На реперных участках №№ 4, 8, 9, 19 класс бонитета снизился на 6 позиций. Наименьший уровень снижения класса бонитета зафиксирован на реперных участках №10 Городищенского района и №11 Дубовского района и составил 3 позиции. На остальных реперных участках класс бонитета почв снизился на 4 позиции. Стоит отметить, что в данный год зафиксированы одни из максимальных уровней снижения класса бонитета за весь период проведения исследований. Результаты корректировки баллов и классов бонитета на реперных участках по данным 2013 год исследования приведены в таблице 15.

Таблица 15 -Результаты бонитировочной оценки почв на реперных участках в 2013 году с учетом корректировки по коэффициенту качества почв (ККП)

Административный район	РУ, №	Балл бонитета	Класс бонитета	ККП(Pb)	ККП(Ni)	ККП(Cu)	ККП(As)	Скорректированный балл бонитета	Скорректированный класс бонитета
Городищенский	1	79,83	VIII		0,42	0,43	0,25	29,27	III
	2	76,08	VIII		0,44	0,40	0,24	27,39	III
	7	80,23	VIII		0,42	0,45	0,26	30,22	III
	10	80,90	VIII	0,67	0,67	0,56	0,26	43,69	V
	21	77,69	VIII		0,32	0,40	0,25	25,12	III
Калачевский	3	90,24	IX		0,50	0,40	0,26	34,89	IV
	4	91,69	X		0,44	0,44	0,25	34,54	IV
	17	77,09	VIII	0,94	0,35	0,39	0,25	37,19	IV
Иловлинский	5	66,91	VII		0,32	0,33	0,26	20,30	II
	6	65,99	VII		0,30	0,33	0,26	19,58	II
Светлоярский	8	92,28	X		0,41	0,46	0,26	34,76	IV
	9	91,51	X		0,43	0,43	0,27	34,47	IV
Дубовский	11	75,39	VIII		0,89	0,66	0,25	45,23	V
	12	70,73	VII		0,44	0,33	0,26	24,29	III
Ленинский	13	84,30	IX		0,44	0,52	0,29	35,12	IV
	14	71,29	VIII		0,44	0,54	0,26	29,47	III
Средне-ахтубинский	15	85,28	IX		0,47	0,53	0,26	35,82	IV
	16	77,20	VIII		0,47	0,53	0,25	32,17	IV
Сувоикинский	18	74,21	VIII		0,38	0,43	0,26	26,47	III
Фроловский	19	83,63	IX		0,26	0,32	0,26	23,42	III
	20	71,77	VIII		0,28	0,42	0,26	22,97	III



а)



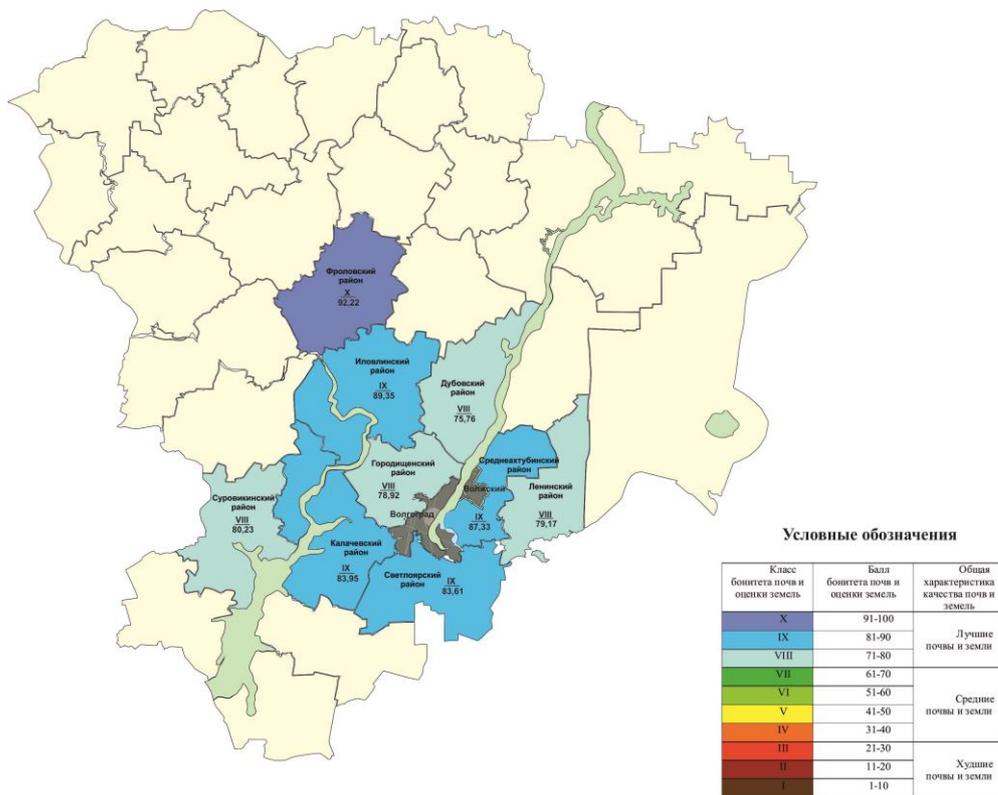
б)

Рисунок 85 - Картограмма бонитировочной оценки почв по данным 2013 года: а) бонитет почв; б) бонитет почв с учетом загрязнения тяжелыми металлами

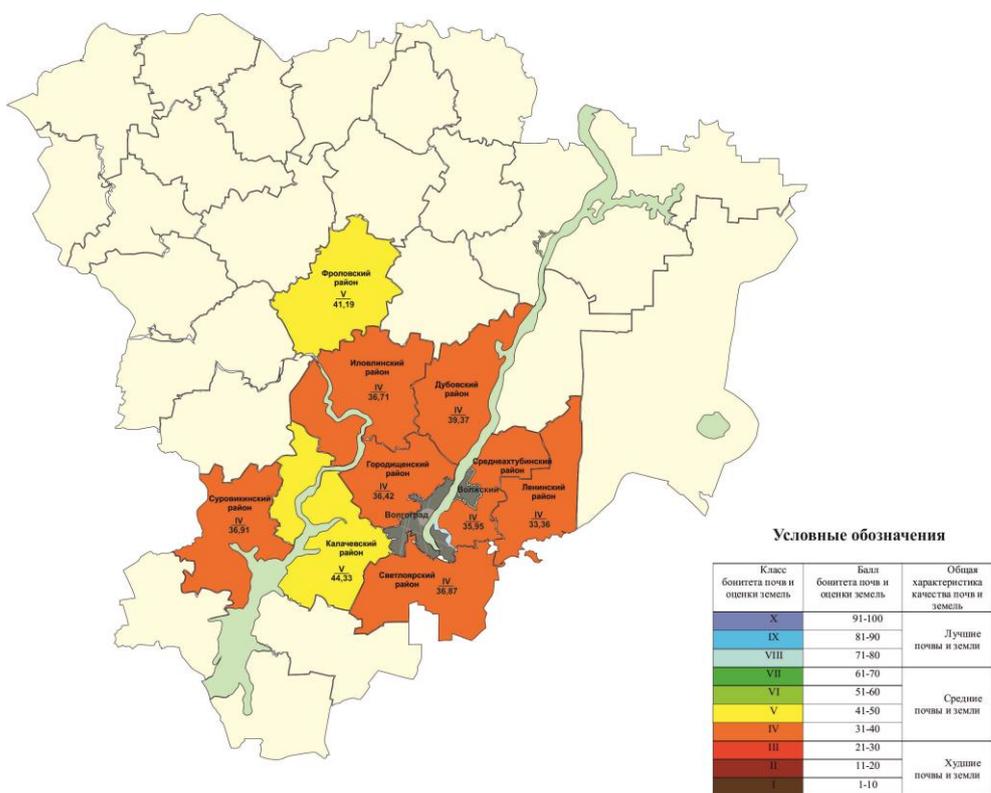
В результате корректировки баллов и классов почвенного бонитета на реперных участках в 2015 году было выявлено, что на реперных участках №№1, 2, 4, 5, 8, 14, 14, 15, 16, 15, 20 класс бонитета снизился на 5 позиций. Наименьший уровень снижения класса бонитета выявлен на участке №10 в Городищенском районе, где класс бонитета снизился на 3 позиции. Максимальное значение снижения класса бонитета зафиксировано на участке №6 в Иловлинском районе - 6 позиций. На остальных участках класс бонитета почв снизился на 4 позиции. Полученные данные расчетов показывают, что в 2015 году общий уровень снижения класса бонитета в целом по зоне исследования также немного ниже, чем в предыдущие годы исследований. Результаты корректировки баллов и классов бонитета приведены в таблице 16. Картограмма бонитировочной оценки почв представлена на рисунке 86.

Таблица 16 - Результаты бонитировочной оценки почв на реперных участках в 2015 году с учетом корректировки по коэффициенту качества почв (ККП)

Административный район	РУ, №	Балл бонитета	Класс бонитета	ККП(Pb)	ККП(Ni)	ККП(Cu)	ККП(As)	Скорректированный балл бонитета	Скорректированный класс бонитета
Городищенский	1	81,29	IX		0,67	0,34	0,27	34,68	IV
	2	83,93	IX		0,64	0,39	0,24	35,53	IV
	7	76,02	VIII		0,64	0,50	0,24	34,97	IV
	10	80,40	VIII		0,88	0,54	0,27	45,29	V
	21	72,94	VIII		0,69	0,35	0,26	31,61	IV
Калачевский	3	86,75	IX		0,81	0,43	0,27	43,66	V
	4	82,16	IX		0,76	0,44	0,26	39,98	IV
	17	82,93	IX	0,98	0,70	0,46	0,24	49,34	V
Иловлинский	5	86,31	IX		0,67	0,39	0,25	37,69	IV
	6	92,40	X		0,46	0,46	0,24	35,73	IV
Светлоярский	8	88,41	IX		0,69	0,26	0,26	35,66	IV
	9	78,81	VIII		0,80	0,38	0,27	38,09	IV
Дубовский	11	74,38	VIII		0,76	0,60	0,26	40,16	IV
	12	77,14	VIII		0,78	0,48	0,24	38,57	IV
Ленинский	13	78,55	VIII		0,80	0,34	0,26	36,66	IV
	14	79,80	VIII		0,50	0,39	0,24	30,06	III
Средне-ахтубинский	15	87,36	IX		0,51	0,45	0,24	34,94	IV
	16	87,31	IX		0,58	0,43	0,26	36,96	IV
Сувоикинский	18	80,23	VIII		0,69	0,45	0,24	36,91	IV
Фроловский	19	96,70	X		0,67	0,42	0,25	43,19	V
	20	87,75	IX		0,63	0,45	0,26	39,19	IV



а)



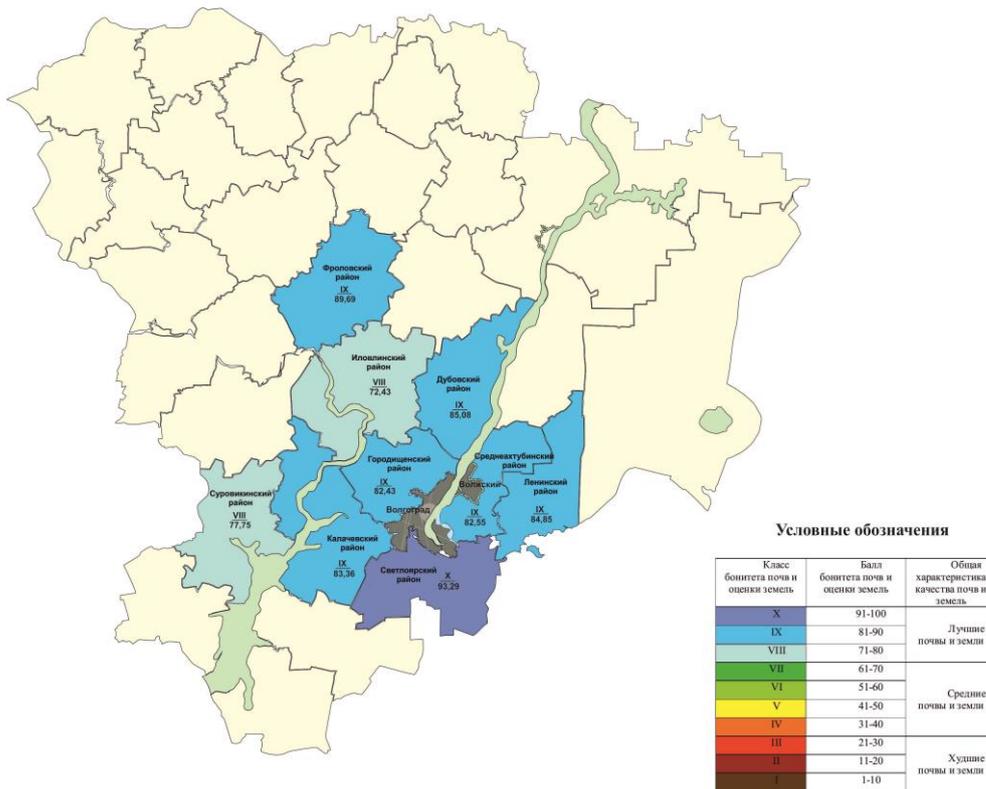
б)

Рисунок 86 - Картограмма бонитировочной оценки почв по данным 2015 года: а) бонитет почв; б) бонитет почв с учетом загрязнения тяжелыми металлами

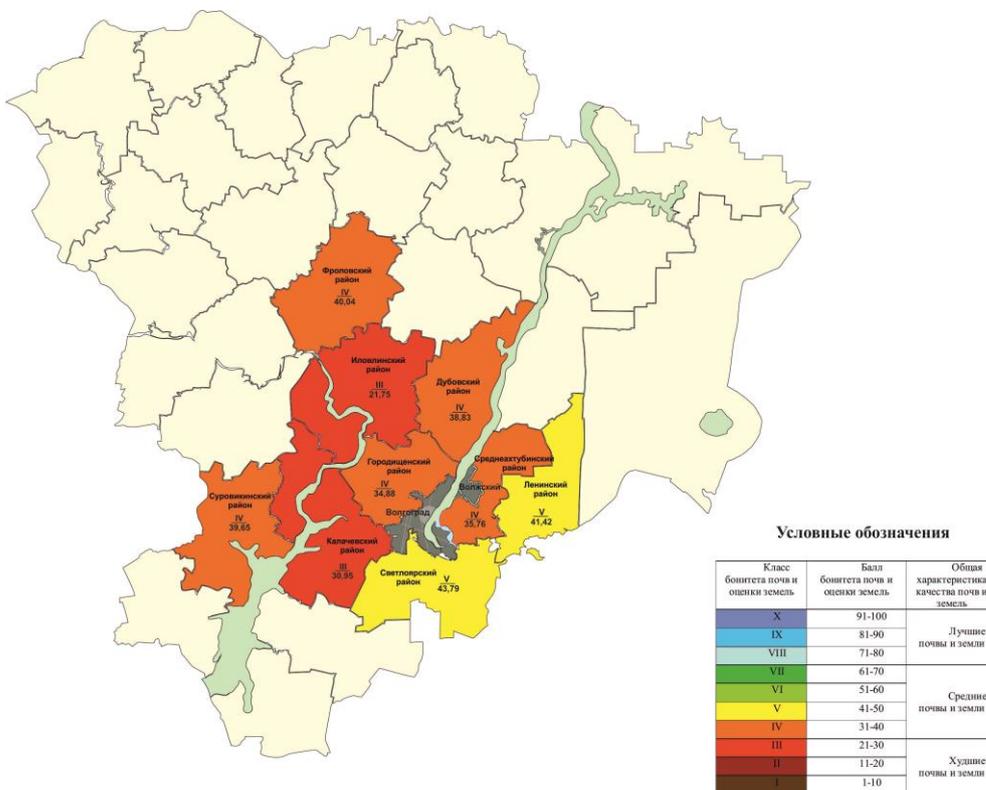
Результаты корректировки баллов и классов бонитета почв по коэффициенту качества почв показали, что на реперных участках №№1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 20 класс бонитета почв снизился на 5 позиций. Максимальное снижение значений класса бонитета выявлено на реперных участках №10 Городищенского района, №17 Калачевского района и №19 Фроловского района – 6 позиций. Минимальное снижение класса бонитета почв зафиксировано на реперном участке №21 в Городищенском районе и составило 3 позиции. На остальных реперных участках класс бонитета снизился на 4 позиции. Общий уровень снижения класса бонитета в целом по зоне исследования повысился в сравнении с предыдущим годом исследования. Результаты корректировки баллов и классов бонитета приведены в таблице 17. Картограмма бонитировочной оценки почв представлена на рисунке 87.

Таблица 17 -Результаты бонитировочной оценки почв на реперных участках в 2017 году с учетом корректировки по коэффициенту качества почв (ККП)

Административный район	РУ, №	Балл бонитета	Класс бонитета	ККП(Pb)	ККП(Ni)	ККП(Cu)	ККП(As)	Скорректированный балл бонитета	Скорректированный класс бонитета
Городищенский	1	85,06	IX		0,48	0,46	0,26	34,02	IV
	2	85,31	IX		0,48	0,43	0,26	33,27	IV
	7	80,55	VIII		0,50	0,52	0,26	34,37	IV
	10	91,13	X		0,51	0,50	0,26	38,58	IV
	21	70,09	VII	0,93	0,36	0,39	0,27	34,17	IV
Калачевский	3	86,24	IX		0,47	0,40	0,26	32,48	IV
	4	82,33	IX		0,44	0,44	0,25	31,01	IV
	17	81,52	IX		0,42	0,42	0,24	29,35	III
Иловлинский	5	65,70	VII		0,29	0,34	0,26	19,49	II
	6	79,16	VIII		0,29	0,35	0,27	24,01	III
Светлоярский	8	95,08	X		0,53	0,45	0,34	41,84	V
	9	91,50	X	0,87	0,55	0,32	0,26	45,75	V
Дубовский	11	83,95	IX		0,50	0,67	0,25	39,73	IV
	12	86,21	IX	0,67	0,52	0,33	0,24	37,93	IV
Ленинский	13	86,54	IX	0,91	0,47	0,35	0,36	45,22	V
	14	83,17	IX	0,87	0,39	0,30	0,25	37,63	IV
Средне-ахтубинский	15	83,36	IX		0,43	0,34	0,37	31,68	IV
	16	81,73	IX	0,89	0,39	0,32	0,35	39,84	IV
Сувоикинский	18	77,75	VIII	0,93	0,39	0,41	0,31	39,65	IV
Фроловский	19	92,20	X		0,55	0,50	0,27	40,57	IV
	20	87,16	IX		0,54	0,53	0,29	39,51	IV



а)



б)

Рисунок 87 - Картограмма бонитировочной оценки почв по данным 2017 года:
 а) бонитет почв; б) бонитет почв с учетом загрязнения тяжелыми металлами

Как видно из представленных данных, после расчета балла бонитета с учетом коэффициента качества почв класс бонитета почв в большинстве случаев снизился на 4-5 порядка. Наибольшая разница в значениях баллов и классов бонитета зафиксирована в 2005, 2007, 2013 и 2017 гг., когда на большинстве реперных участков отмечалось снижение класса бонитета на 5-6 порядков. Наименьший общий уровень снижения значений баллов и классов бонитета зафиксирован в 2009 году, когда максимальная разница в классах бонитета составила 5 позиций на 6 реперных участках. При этом балл бонитета после корректировки в большинстве случаев снижался в пределах 50-60%.

Изменение категории почв от лучших к худшим отмечалось в годы исследований на следующих реперных участках:

2001 г. - №6 Иловлинского района, №13 и №14 Ленинского района, №19 Фроловского района;

2003 г. - №18 Суровикинского района и №21 Городищенского района;

2005 г. – №1, №2 Городищенского района; №4, №17 Калачевского района; №5, №6 Иловлинского района и №20 Фроловского района;

2007 г. - №1 Городищенского района; №4, №17 Калачевского района; №6 Иловлинского района; №13, №14 Ленинского района; №16 Среднеахтубинского района; №18 Суровикинского района и №19 Фроловского района;

2009 г. - №17 Калачевского района;

2011 г. - №3 Калачевского района; №6 Иловлинского района; №9 Светлоярского района; №14 Ленинского района; №15 Среднеахтубинского района; №19, №20 Фроловского района и №21 Городищенского района;

2013 г. - №1, №2, №7, №21 Городищенского района; №14 Ленинского района; №18 Суровикинского района; №19, №20 Фроловского района;

2015 г. - №14 Ленинского района;

2017 г. - №6 Иловлинского района и №17 Калачевского района.

Рассматривая полученные данные применительно к административным районам, стоит отметить, что наименьший уровень снижения класса бонитета

после корректировки наблюдался на реперных участках Дубовского района, где снижение происходило в большинстве случаев на 3-4 позиции. Наивысший уровень снижения класса бонитета в течение всего периода исследований наблюдался на реперных участках Светлоярского и Ленинского районов.

В целом, в результате корректировки баллов и классов бонитета почв на реперных участках общий уровень класса бонитета снизился с VIII-IX до III-V. По результатам проведенных исследований и полученных данных, представленных в данной главе можно сделать ряд общих выводов.

Методика бонитировочной оценки почв, разработанная ЦИНАО, является наиболее приемлемой для оценки каштановых почв, достаточно понятной и простой в применении и позволяет определить уровень качества почв по основным показателям, характеризующим плодородие почвы. Данная методика явилась приемлемым базисом для разработки новых методических подходов к качественной оценке почв с учетом показателей плодородия и показателей загрязненности тяжелыми металлами.

Представленная методика бонитировочной оценки почв с учетом концентрации в них тяжелых металлов является достаточно простой и удобной в применении как для сельхозтоваропроизводителей, так и для специалистов органов государственного контроля (надзора) в сельском хозяйстве. Помимо прочего, представленная методика наглядно показывает влияние тяжелых металлов на качество почв и производимой на них сельскохозяйственной продукции.

Представленный методический подход оценки качества почв основан на корреляционной зависимости концентрации тяжелых металлов в почвах и растительной продукции. В процессе корреляционного анализа выяснилось, что в большинстве случаев зависимость между концентрацией тяжелых металлов в почвах и в продукции имеет прямую направленность, таким образом можно говорить о непосредственном влиянии концентрации тяжелых металлов в почве на качество производимой продукции.

Итоги проведенного расчета бонитировочной оценки почв с учетом их загрязненности тяжелыми металлами показывают, что класс бонитета почв сильно отличается от первоначального расчета без учета влияния тяжелых металлов. Почвы на исследуемой территории в целом имеют достаточно высокий уровень плодородия по основным и сопутствующим агрохимическим показателям, но, в то же время низкое качество по уровню содержания тяжелых металлов. В связи с этим, высокий уровень плодородия может нивелироваться низким эколого-токсикологическим качеством почв и конечной растениеводческой продукцией.

ВЫВОДЫ

1. Почвы сельскохозяйственного назначения сухостепной почвенной зоны Волгоградской области в целом характеризуются средним и низким уровнем содержания гумуса, средним содержанием подвижного фосфора и серы, повышенным - обменного калия. Содержание в пахотном слое таких микроэлементов, как медь, цинк, кобальт – низкое, марганец - высокое. Среднемноголетние значения содержания в почве радионуклидов (стронция-90, цезия-137) значительно ниже установленных нормативов.

2. Установлено наличие загрязнения почвенного покрова исследуемой территории тяжелыми металлами (медь, никель, мышьяк). Среднемноголетнее значение концентрации никеля в почвах превышало ПДК в 2-3 раза на всех реперных участках, кроме участков, расположенных в Дубовском районе. Среднемноголетний уровень содержания меди в почве превышал ПДК в среднем в 2-2,5 раза. Среднемноголетние концентрации мышьяка в почве превышали ПДК в 3-3,5 раза, на отдельных участках (№№1, 2 Городищенского района и №№3, 4 Калачевского района) среднемноголетняя концентрация мышьяка превышала ПДК в 4 раза. В отдельные годы отмечалось превышение ПДК концентраций свинца в почвах Городищенского, Калачевского, Иловлинского, Светлоярского, Ленинского районов.

3. В результате проведенной бонитировочной оценки почв на реперных участках за период 2001-2017 гг. установлено, что почвы на обследуемой территории относятся к VII-X классам бонитета и принадлежат к категории средних и лучших. Наивысшими классами бонитета характеризуются почвы в Калачевском, Среднеахтубинском и Светлоярском муниципальных районах, наиболее низкий уровень классов бонитета характерен для почв Дубовского муниципального района. В результате анализа многолетней динамики балла бонитета почв отмечена общая тенденция к снижению значений показателя на обследуемой территории в период 2009-2011 гг. Общий уровень баллов

бонитета по основным агрохимическим показателям на всех реперных участках выше, чем по сопутствующим агрохимическим показателям (микроэлементам).

4. Разработан и апробирован новый методический подход к бонитировочной оценке почв на основе агрохимических показателей с учетом загрязнения почв тяжелыми металлами путем введения в расчет общего балла бонитета корректировочного коэффициента качества почв для каждого тяжелого металла. Расчет коэффициента качества почв (ККП) проводится на основе ПДК тяжелого металла в почве, что отражает качество почв по содержанию конкретного тяжелого металла относительно оптимального безопасного уровня.

5. В результате бонитировочной оценки с учетом корректировки по коэффициенту качества почв были выявлены значительные изменения исходных баллов бонитета в сторону уменьшения. Балл бонитета после корректировки снижался в среднем на 50-60% от первоначального значения, класс бонитета почв - с VII-IX до III-V – от лучших и средних почв и земель к средним и худшим, а в отдельных случаях - от лучших почв и земель к худшим. Наибольшее снижение баллов бонитета в период 2000-2017 гг. отмечено для почв Светлоярского и Ленинского районов (6 позиций), наименьшее – для почв Дубовского района (3-4 позиции).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексахин, Р.М. Техногенное загрязнение сельскохозяйственных угодий (исследования, контроль и реабилитация территорий) / Р.М. Алексахин, М.И. Лунев // Плодородие. – 2011. – №3(60). – С. 32-35.
2. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
3. Амелин, А.В. Состояние почвенного плодородия земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота в Орловской области / А.В. Амелин, В.М. Казьмин, И.А. Рыжов, Н.И. Абакумов // Агрехимический вестник. – 2013. – №3. – С. 15-18.
4. Апарин, Б.Ф. Бонитировка почв и основы государственного земельного кадастра / Б.Ф. Апарин, А.В. Русаков, Д.С. Булгаков. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2002. – 88 с.
5. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
6. Асылбаев, И.Г. Концентрация токсичных химических элементов в почвах и растениях северо-восточного региона республики Башкортостан / И.Г. Асылбаев, Р.Б. Яубасаров, Э.А. Фархшатова // Российский электронный научный журнал. – 2013. – №1(1). – С. 269-273.
7. Белозубова, Н.Ю. Оценка эколого-токсикологического состояния почв Волгоградской области / Н.Ю. Белозубова // Качество жизни человека в нестабильном мире: материалы XV Международного социального конгресса. – М., 2016. – С. 326-330.
8. Белоруцева, Е.В. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения Нечерноземья с применением ГИС-технологий: автореф. дис. ... канд. географ. наук: 25.00.26 / Белоруцева Екатерина Викторовна. – М., 2013. – 23 с.

9. Бессонова, Е.А. Эколого-экономическая реабилитация нарушенных и деградированных сельскохозяйственных земель: монография / Е.А. Бессонова. – Курск: Планета, 2011. – 240 с.
10. Благовидов, Н.Л. Качественная оценка земель: (Бонитировка почв и оценка земель) / Н.Л. Благовидов. – М.: Изд-во Министерства сельского хозяйства РСФСР, 1969. – 79 с.
11. Блохова, Ю.А. Экологическая оценка интенсивности загрязнения агроэкосистем на примере Рязанской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Блохова Юлия Александровна. – Владимир, 2012. – 26 с.
12. Бонитировка и качественная оценка почв/ В.С. Цховребов, В.И. Фаизова, А.Н. Марьин, и др.; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: Ставропольское издательство «Параграф», 2011. – 61 с.
13. Бровко, Е.А. Анализ современного состояния работ в области топографического мониторинга на основе ДЗЗ. Отечественный и зарубежный опыт – обзорная информация / Е.А. Бровко, С.А. Ефимов, Л.М. Козлова. – М.: ЦНИИГАиК, 2007. – 128 с.
14. Булгаков, Д.С. Агроэкологическая оценка пахотных почв / Д. С. Булгаков. – М.: РАСХН, 2002. – 251 с.
15. Булгаков, Д.С. Концепция моделей плодородия почв с учетом почвенно- экологического районирования / Д.С. Булгаков // Почвоведение. – 1989. – № 127. – С. 118-124.
16. Быкова, Е.Н. Опыт оценки земель в Германии / Е.Н. Быкова // Записки Горного института. – 2013. – Т. 204. – С. 167-170.
17. Вальков, В.Ф. Почвоведение / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов-на-Дону: Издательский центр «МарТ», 2004. – 496 с.
18. Васильев, Е.П. Моделирование урожайности на основе данных агрохимического обследования почв с помощью метода ассоциативного

анализа / Е.П. Васильев, В.И. Орешков // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2012. – №4. – С. 8-14.

19. Виленский, Д.Г. История почвоведения / Д.Г. Виленский. – М.: Советская наука, 1958. – 239 с.

20. Виноградов, Б.В. Основы ландшафтной экологии / Б.В. Виноградов. – М.: ГЕОС, 1998. – 418 с.

21. Вишневая, Ю.С. Влияние автотранспорта на загрязнение почвенного покрова г. Архангельска тяжелыми металлами / Ю.С. Вишневая, Л.Ф. Попова // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: естественные науки. – 2016. – №2. – С. 32-41.

22. Водолазко, А.Н. Загрязнение тяжелыми металлами почв земель сельскохозяйственного назначения южных районов Волгоградской области / А.Н. Водолазко, Е.А. Иванцова, Р.С. Рахманов // Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика: материалы II Всероссийской научно-практической конференции, г. Волгоград, 17-18 ноября 2016 г. – Волгоград, 2016. – С. 135-141.

23. Водолазко, А.Н. Оценка балла плодородия почв на реперных участках сухостепной почвенной зоны Волгоградской области [Электронный ресурс] / А.Н. Водолазко, Е.А. Иванцова // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: материалы II Международной научно-практической интернет-конференции. – Соленое Займище, 2017. – С. 1108-1113.

24. Водолазко, А.Н. Плодородие каштановых и светло-каштановых почв сухостепной почвенной зоны Волгоградской области / А.Н. Водолазко, Д.А. Ясинский, Е.А. Иванцова // Актуальные вопросы развития аграрной науки в современных экономических условиях: материалы IV международной научно-практической конференции молодых ученых. – Волгоград, 2015. – С. 147-150.

25. Водолазко, А.Н. Тяжелые металлы в почве и снеговой воде земель сельскохозяйственного назначения Волгоградской области [Электронный ресурс] / А.Н. Водолазко, Е.А. Иванцова, О.В. Сухова // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: материалы I Международной научно-практической интернет-конференции, посвященной 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия. – Солёное Займище, 2016. – С. 727-733.
26. Водяницкий, Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая опасность (аналитический обзор) / Ю.Н. Водяницкий // Почвоведение. – 2013. – №7. – С. 872-881.
27. Воробейчик, Е.Л. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем / Е.Л. Воробейчик, О.Ф. Садыков, М.Г. Фарапонтов. – Екатеринбург: Наука, 1994. – 280 с.
28. Воробьев, А.В. Характеристика категорий и качественное состояние земель Волгоградской области / А.В. Воробьев // Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции молодых исследователей 26 – 28 апреля 2010 г. – Волгоград, 2010. – С.159-161.
29. Воробьев, А.В. Смыков А.В. Совершенствование системы земельного учета при проведении государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения в Волгоградской области / А.В. Воробьев, А.В. Смыков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее образование. – 2015. – № 3(39). – С. 237-241.
30. Воробьева, Л.А. Химический анализ почв / Л.А. Воробьева. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 272 с.
31. Воронин, А.Д. Основы физики почв / А.Д. Воронин. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 250 с.
32. Востокова, Л.Б. Бонитировка почв / Л.Б. Востокова, И.В. Якушевская. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 102 с.

33. Востокова, Л.Б. Бонитировка почв Рязанской области: автореф. дис.... канд. биол. наук: 03.02.13 / Востокова Лариса Борисовна. – М., 1972. – 48 с.
34. Войнар, А.О. Микроэлементы в живой природе / А.О. Войнар. – М.: Высшая школа, 1962. – 94 с.
35. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба / Госкомэкология России. Под общим руководством Л.В. Вершкова, В.Л. Грошева, В.В. Гаврилова (Госкомэкология России), Н.Н. Бурцевой (Центр экологических проектов и программ предприятия «Промотходы»). – М.: Госкомэкологии РФ, 1999. – 41 с.
36. Временный максимальный допустимый уровень (МДУ) некоторых химических элементов в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках №123-4/281-8-87 / Государственный агропромышленный комитет СССР; Главное управление ветеринарии. – Утв. 07.08.1987.
37. Гаврилюк, Ф.Я. Бонитировка почв / Ф.Я. Гаврилюк. – М.: Высшая школа, 1974. – 265 с.
38. Гаврилюк, Ф.Я. Бонитировка почв Ростовской области. / Ф.Я. Гаврилюк. – Ростов-на-Дону: Кн. изд-во, 1970. – 88 с.
39. Гаврилюк, Ф.Я. История оценки земель и методы бонитировки почв СССР / Ф.Я. Гаврилюк // Почвоведение. – 1977. – №4. – С. 14-22.
40. Гаврилюк, Ф.Я. К истории земельного кадастра СССР / Ф.Я. Гаврилюк // Почвоведение. – 1988. – №8. – С.96-112.
41. Гибадуллин, Р.З. Лесные насаждения в защите почв от техногенного загрязнения / Р.З. Гибадуллин, И.Р. Галиуллин, И.М. Хабибуллин, И.Н. Шакиров, А.В. Ахмадуллин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2019. – Т. 21. №2. – С. 86-90.
42. Глазовская, М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР / М.А. Глазовская. – М.: Высш. шк., 1988. – 328 с.
43. Глазовская, М.А. Общее почвоведение и география почв / М.А. Глазовская. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1981. – 400 с.

44. Глазунов, Г.П. Новый подход к комплексной оценке качества почвы при разных видах ее деградации / Г.П. Глазунов, В.М. Гендугов //Тезисы докладов I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Фундаментальные достижения в почвоведении, экологии, сельском хозяйстве на пути к инновациям». – М., 2008. – С. 179-180.
45. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – Введ. 01.04.2006.
46. Гогмачадзе, Г.Д. Агроэкологический мониторинг почв и земельных ресурсов Российской Федерации / Г.Д. Гогмачадзе. – М.: Изд-во Московского университета, 2010. – 592 с.
47. Гогмачадзе, Г.Д. Деградация почв: причины, следствия, пути снижения и ликвидации / Г.Д. Гогмачадзе. – М.: Изд-во Московского университета, 2011. – 272 с.
48. Головатый, С.Е. Накопление меди и цинка в клубнях картофеля при разных уровнях загрязнения дерново-подзолистой супесчаной почвы этими металлами / С.Е. Головатый, З.С. Ковалевич, И.С. Карпова // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 2. – С. 221-230.
49. Головатый, С.Е. Поступление кадмия в сельскохозяйственные растения / С.Е. Головатый, П.Ф. Жигарев, Л.И. Панкратская // Агрохимия. – 2000. – № 1. – С. 81-85.
50. Головатый, С.Е. Рекомендации по допустимому содержанию цинка и меди в почве при возделывании зерновых культур и многолетних трав / С.Е. Головатый. – Минск: РУП "Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси", 2006. – 43 с.
51. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. – Переиздание 01.08.2008. – Введ. 01.07.1984.
52. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – Переиздание 01.08.2008. – Введ 01.01.1986.

53. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества. – Введ. 01.07.1993.
54. ГОСТ 29210-91 Почвы. Определение обменного калия по методу Масловой. – Взамен ГОСТ 26210-84. – Введ. 29.12.1991.
55. ГОСТ 26487-85 Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. – Изм. (ИУС. 1986. №8). – Введ. 26.03.1985.
56. ГОСТ 26490-85 Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО. – Введ. 26.03.1985.
57. ГОСТ Р 50683-94 Почвы. Определение подвижных соединений меди и кобальта по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО. – Введ. 23.06.1994.
58. ГОСТ 29205-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – Взамен ГОСТ 26205-84. – Введ. 29.12.1991.
59. ГОСТ Р 50686-94 Почвы. Определение подвижных соединений цинка по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО. – Введ. 23.06.1994.
60. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. – Введ. 26.03.1995.
61. ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения. – Введ. 01.07.1988.
62. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы (ССОП). Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. – Переизд. 01.08.2008. - Введ. 01.01.1985.
63. Гринин, А.С. Математическое моделирование в экологии / А.С. Гринин, Н.А. Орехов, В.Н. Новиков. – М.: Юнити-Дана, 2009. – 269 с.

64. Дегтярева, Е.Т. Агропроизводственная группировка и характеристика почв Волгоградской области: автореф. дис.... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / Дегтярева Евдокия Тихоновна. – М., 1975. – 34 с.
65. Дегтярева, Е.Т. Почвы Волгоградской области / Е.Т. Дегтярева, А.Н. Жулидова. – Волгоград: Нижневолжское кн. изд-во, 1970. – 318 с.
66. Дегтярева, Е.Т. Агропроизводственная группировка и характеристика почв / Е.Т. Дегтярева. – Волгоград: Нижневолжское кн. изд-во, 1981. – С. 19-40.
67. Денисова, Е.В. Формирование кадастровой оценки земель в условиях интенсивного землепользования (на примере Городищенского района Волгоградской области): автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.26 / Денисова Елена Владимировна. – Воронеж, 2012. – 24 с.
68. Державин, Л.М. О мониторинге плодородия земель сельскохозяйственного назначения / Л.М. Державин, А.С. Фрид, Ф.В. Янишевский // Агрехимия. – 1999. – №12. – С. 19-30.
69. Добровольский, Г.В. Функции почв в биосфере и экосистемах / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: Наука, 1990. - 270 с.
70. Добровольский, Г.В. Экология почв. Учение об экологических функциях почв / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: Изд-во МГУ, 2012. - 412 с.
71. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2014 году» / Ред. колл. : П.В. Вергун [и др]; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Волгоградской области. – Волгоград: СМОТРИ, 2015. – 300 с.
72. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2015 году» / Ред. колл. : В.Е. Сазонов [и др]; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Волгоградской области. – Волгоград: СМОТРИ, 2016. – 300 с.

73. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2016 году» / Ред. колл. : В.Е. Сазонов [и др]; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Волгоградской области. – Ижевск: ООО «Принт-2», 2017. – 300 с.
74. Докучаев, В.В. Избранные сочинения. В 3-х т. Т. 3. Картография, генезис и классификация почв / В.В. Докучаев. – М.: Сельхозгиз, 1948 -1949. – 358 с.
75. Доскенова, Б.Б. Экологическая оценка аэротехногенного загрязнения тяжелыми металлами Северо-Казахстанской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Доскенова Бану Бейсеновна. – Омск, 2010. – 21 с.
76. Дымдын, О.С. Сущность бонитировки почвы/ О.С. Дымдын // Молодой ученый. – 2012. – №1-2. – С. 161-163.
77. Евдокимова, Т.И. Почвенная съемка / Т.И. Евдокимова. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 130 с.
78. Евтюхин, В.Ф. Экологическое обоснование контроля и детоксикация агроценозов юга Центрального Черноземья, подверженных техногенному воздействию: автореф. дис. ... д. биол. наук: 03.02.08, 06.01.04 / Евтюхин Владимир Федорович. – Балашиха, 2011. – 48 с.
79. Земельные ресурсы Волгоградской области: справочник / Под ред. А.В. Воробьева. – Волгоград: Страница-2, 1997. – 132 с.
80. Земельный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 21.07.2014) // «Российская газета», №211-212, 30.10.2001.
81. Зырин, Н.Г. К вопросу о формах соединений меди, цинка, свинца в почвах и доступности их для растений / Н.Г. Зырин, Н.А. Чеботарева // Содержание и формы соединений микроэлементов в почвах. – М., 1979. – С.350-378.
82. Иванов, В.Д. Изменение почвенного покрова и свойств почв в связи с развитием эрозионных процессов на склонах / В.Д. Иванов, В.А. Кравченко

//Черноземы – 2000: состояние и проблемы рационального использования: сборник научных трудов ВГАУ. – Воронеж, 2000. – С. 270-275.

83. Иванов, В.Д. Методические указания и рабочая тетрадь по оценке качества и плодородия почв / В.Д. Иванов, Е.В. Кузнецова. – Воронеж: ВГАУ, 2002. – 42 с.

84. Иванов, В.Д. Потери элементов питания растений и гумуса от эрозии почв на пашне в Воронежской области / В.Д. Иванов, Е.В. Кузнецова // Агрохимия. – 2001. – №12. – С. 5-12.

85. Игнатова, Г.А. Тяжелые металлы в почвах Орловской области / Г.А. Игнатова, Е.О. Котова // Агробизнес и экология. – 2015. – Т.2. №2. – С. 34-36.

86. Ильин, В.Б. О надежности гигиенических нормативов содержания тяжелых металлов в почве / В.Б. Ильин // Агрохимия. – 1992. – № 12. – С. 78-85.

87. Ильин, В.Б. Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам / В.Б. Ильин // Агрохимия. – 1995. - №10. – С. 109-113.

88. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, сиб. Отд-ние, 1991. – 151 с.

89. Иноземцева, О.К. Эколого-агрохимическая оценка состояния почв сельскохозяйственного назначения Калининградской области / О.К. Иноземцева, А.В. Пунгин, И.С. Бувевич // Успехи современного естествознания. – 2019. – №5. – С. 102-108.

90. Ишкова, С.В. Аккумуляция тяжелых металлов основными типами почв Самарской области / С.В. Ишкова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №4. – С. 21-26.

91. Казакова, Н.А. Загрязнение почвы тяжелыми металлами / Н.А. Казакова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – №1(8). – С. 29-31.

92. Карманов, И.И. Научные основы и методика расчета цен на почву и земельные участки / И.И. Карманов // Вестн. с.-х. науки. – 1989. – № 3. – С. 3-9.

93. Карманов, И.И. Плодородие почв СССР / И.И. Карманов. – М.: Колос, 1980. – 226 с.
94. Карманов, И.И. Современные аспекты оценки земель и плодородия почв / И.И. Карманов, Д.С. Булгаков, Л.А. Карманова // Почвоведение. – 2002. – № 7. – С. 850-857.
95. Карманов, И.И. Плодородие и бонитировка почв Нечерноземной зоны РСФСР / И.И. Карманов, А.П. Клопотовский // Земельные ресурсы Нечерноземной зоны РСФСР. – М., 1976. – С. 150-161.
96. Кавеленова, Л.М. Математические методы в ботанических и экологических исследованиях: методические указания / Л.М. Коваленова. – Самара: Самарский университет, 1994. – 32 с.
97. Кизилов, О.А. Исследование содержания тяжелых металлов в почвах земель сельскохозяйственного назначения Свердловской области / О.А. Кизилов, В.Б. Шуманов, В.В. Тощев, Ю.Л. Байкин, Н.В. Вашукевич // Молодежь и наука. – 2016. – №8. – С. 36-41.
98. Киричкова, И.В. Аккумуляция тяжелых металлов в посевах многолетних трав, возделываемых на южных черноземах Волгоградской области / И.В. Киричкова // Актуальные проблемы развития науки и образования: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 7 частях. – М., 2014. – С. 104-106.
99. Киричкова, И.В. Фиторемедиационная способность многолетних трав в условиях черноземных почв / И.В. Киричкова // Репутациология. – 2017. – №1 (43). – С. 14-18.
100. Кирюшин, В.И. Методическое руководство по агроэкологической оценке земель, проектированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий / В.И. Кирюшин, А.Л. Иванов. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2005. – 763 с.
101. Киселев, В.А. Методика районирования по значениям ценообразующих факторов кадастровой стоимости земель населенных пунктов

на основе теории принятия решения в многокритериальной среде / В.А. Киселев, А.Г. Шабаев // Записки горного института. – 2012. – Т. 196. – С.74-79.

102. Киселев, В.А. Недостатки управления земельными ресурсами, осуществляемого на основе информационного обеспечения государственного кадастра недвижимости / В.А. Киселев, А.Г. Шабаев // Записки горного института. – 2013. – Т. 204. – С.163-166.

103. Ковда, В.А. Почвоведение. В 2 ч. Ч. 2. Типы почв, их география и использование / В.А. Ковда; под ред. Б.Г. Розанова. – М.: Высшая школа, 1988. – 368 с.

104. Колесников, С.И. Агроэкологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами: автореф. дис. ... д-ра с.-х.н.: 06.01.03 / Колесников Сергей Ильич. – Ростов-на-Дону, 2001. – 48 с.

105. Косинова, И.И. Исследование загрязнения тяжелыми металлами поверхностного слоя почвы придорожной территории автодороги М-4 в Воронежской области / И.И. Косинова, С.И. Фонова // Сергеевские чтения. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – М., 2015. – С. 418-422.

106. Куликов, К.И. О принципах ведения государственного мониторинга земель / К.И. Куликов // Кадастровый вестник. – 2007. – №1. – С. 43-47.

107. Куприченков, М.Т. Бонитировка почв: монография / М.Т. Куприченков. – Ставрополь: АГРУС, 2005. – 284 с.

108. Лебедев, Ю.В. Современные подходы к формированию земельно-информационной системы для управления аграрно-промышленным комплексом / Ю.В. Лебедев, О.И. Малыгина, Е.С. Троценко // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – №2.1. – С. 169-171.

109. Лепнева, О.М. Состояние свинца в системе почва-растение в зонах влияния автомагистралей / О.М. Лепнева, А.И. Обухов // Свинец в окружающей среде. – М., 1987. – С. 109-115.

110. Лобанов, М.П. Загрязнение тяжелыми металлами территории Волгоградской области / М.П. Лобанов, Т.А. Трофимова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2008. – №1 (9). – С. 12-16.
111. Магазинчиков, Т.П. Земельный кадастр / Т. П. Магазинчиков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Львов: Изд-во при Львов. гос. ун-те, 1987. – 422 с.
112. Мажайский, Ю.А. Влияние загрязнения тяжелыми металлами почвы на ее свойства и экологические показатели / Ю.А. Можайский, В.Ф. Евтюхин, Т.М. Гусева // Сергеевские чтения: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – М., 2014. – С. 438-442.
113. Мажайский, Ю.А. Обоснование режимов комплексных мелиораций в условиях техногенного загрязнения агроландшафта: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.02 / Мажайский Юрий Анатольевич. – М., 2001. – 54 с.
114. Макаров, О.А. Почему нужно оценивать почву (состояние, качество почвы: оценка, нормирование, управление, сертификация) / О.А. Макаров. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 259 с.
115. Макаров, О.А. Состояние почвы как объект экологического нормирования окружающей природной среды: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.16, 03.00.27 / Макаров Олег Анатольевич. – М., 2002. – 46 с.
116. Максимова, Е.Ю. Оценка пространственно-временной изменчивости почвенно-экологического индекса / Е.Ю. Максимова // Агрофизика. – 2012. – №1. – С. 1-9.
117. Махонько, К.П. Аэрозольное и корневое загрязнение никелем в окрестностях действующего предприятия / К.П. Махонько // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. ТР. 5 Всесоюзное совещание. – Ленинград, 1989. – С. 207-212.

118. Махотлова, М.Ш. Землеустройство и сельскохозяйственное землепользование в России / М.Ш. Махотлова, М.З. Шаов, З.М. Темботов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2016. – №3. – С. 3-5.

119. Махотлова, М.Ш. Техногенное загрязнение земель в ходе землеустройства / М.Ш. Махотлова // Московский экономический журнал. – 2018. – №4. – С. 155-161.

120. Медведева, О.Е. Оценка стоимости земель сельскохозяйственного назначения и иного сельскохозяйственного имущества / О.Е. Медведева. – М.: МАОК, 2004. – 127 с.

121. Методика государственной кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий на уровне субъектов Российской Федерации / Государственный комитет Российской Федерации по земельной политике; Всероссийский научно-исследовательский институт организации производства, труда и управления в сельском хозяйстве. – М.: Государственный комитет Российской Федерации по земельной политике, 2000. – 11 с.

122. Методика и технология почвенно-экологической оценки и бонитировки почв для сельскохозяйственных культур / ВАСХНИЛ; [Разраб. И.И. Кармановым и др.]. – М.: ВАСХНИЛ, 1990. – 114 с.

123. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель / Комитет Российской Федерации по земельным ресурсам и землеустройству [Утв. Н.В. Комаровым, предс. Комитета РФ по земельным ресурсам и землеустройству, А.Г. Назарчуком, министром сельского хозяйства и продовольствия РФ, В.И. Даниловым-Данильянцем, министром охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ]. – М.: РЭФИА, 1996. – 20 с.

124. Методические рекомендации по оценке качества и классификации земель по их пригодности для использования в сельском хозяйстве: (По справ. материалам) / Федер. служба земел. кадастра России и др.; [Исполн.: Оглезнев А.К., к.б.н. (отв. исполн.) и др.]. – М.: Рус. оценка, 2003. – 169 с.

125. Методические рекомендации по проведению локального мониторинга на реперных участках / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Центральный институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства (ЦИНАО). – М.: ФНГУ «Росинформагротех», 2006. – 76 с.

126. Методические указания по обследованию почв сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства на содержание тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и радионуклидов. - М.: Минсельхоз-прод, 1995. – 115 с.

127. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Центральный институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства (ЦИНАО).– 2-е издание, переработанное и дополненное. - М.: ФНГУ «Росинформ-агротех», 1992. – 89 с.

128. Методические указания по проведению бонитировки почв в автономных республиках, краях, областях РСФСР / Министерство сельского хозяйства РСФСР; Почвенный институт им. В.В. Докучаева. – Москва, 1971. – 80 с.

129. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / Под ред. Л. М. Державина, Д. С. Булгакова. – М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2003. - 240 с.

130. Минеев, В.Г. Тяжелые металлы и окружающая среда в условиях современной химизации / В.Г. Минеев, А.А. Алексеев, Т.А. Тришина// Агрохимия. – 1982. – № 9. – С. 126-140.

131. Мирошникова, Ю.В. Эколого-токсикологическая оценка содержания тяжелых металлов в агроландшафтах Белгородской области: автореф. дис. ...канд.биол.наук: 03.00.16 / Мирошникова Юлия Владимировна. – М., 2013. – 26 с.

132. Мирошниченко, Н.Н. Устойчивость почв к химическому загрязнению: механизмы формирования и параметры оценки / Н.Н.

Мирошниченко // Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям: тез. докл. Всерос. конф. – М., 2002. – С. 20.

133. Мосина, Л.В. Экологическая опасность загрязнения почвы тяжелыми металлами (на примере свинца) / Л.В. Мосина, Э.А. Довлетярова, С.Ю. Ефремова, Ж. Норвосурэн // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. – 2012. – №29. – С.383-386.

134. Муха, В.Д. Соотношение содержания тяжелых металлов в почве и почвообразующей породе как критерий оценки загрязненности почв / В.Д. Муха [и др.] // Почвоведение. – 1998. – №10. – С. 1265-1270.

135. Мухамбетова, Д.Р. Особенности накопления тяжелых металлов в почвах Волгоградской области / Д.Р. Мухамбетова, А.А. Околелова // Городу Камышину – творческую молодежь: сборник трудов IV региональной научно-практической студенческой конференции. – Камышин, 2010. – С. 55-58.

136. Национальный атлас России [Электронный ресурс]. – Т. 2. – Режим доступа: <https://xn--80aaaa1bhnc1cc1cl5c4ep.xn--p1ai/cd2/316/316.html>.

137. Никифоров, С.В. Загрязнение почвы тяжелыми металлами и методы их снижения / С.В. Никифоров // Плодоводство и ягодоводство России. – 2014. – №1. – С. 229-231.

138. О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения: Федеральный закон от 16.07.1998 №101-ФЗ (ред. от 28.12.2013) // «Собрание законодательства РФ», 20.07.1998, №29, ст. 3399.

139. Околелова, А.А. Минимизация эксплуатации почвенного покрова / А.А. Околелова, Г.С. Егорова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. – 2007. – № 2(6). – С. 3-9.

140. Ольгерд, К. Качественная оценка земель сельскохозяйственного назначения в России и Польше / К. Ольгерд, Е.Н. Быкова // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2014. – Т. 1. №5. – С. 96-106.

141. О некоторых методиках оценки соответствия состояния окружающей природной среды в локальных местах загрязнения экологическим требованиям / Л.Г. Богатырев [и др.]// Доклады пленарных заседаний Всероссийской научной конференции молодых исследователей «Шаг в будущее». – М., 2003. – С. 24-30.

142. Оценка земельных ресурсов / Под ред. В. П. Антонова и П.Ф. Лойко. – М.: Ин-т оценки природных ресурсов, 1999. – 364 с.

143. Оценка и экологический контроль состояния окружающей природной среды региона (на примере Тульской области)/ Под общей редакцией Г.В. Добровольского. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 256 с.

144. Павлова, В.А. Концепция кадастровой оценки земель как основа налогообложения недвижимости / В.А. Павлова // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2012. – №7. – С. 77-83.

145. Павлова, В.А. Определение коэффициента капитализации для оценки сельскохозяйственных земель / В.А. Павлова // Известия Санкт-Петербургского Государственного аграрного университета. – 2013. – №30. – С. 224-226.

146. Перекрестов, Н.В. Экологическое состояние почв Волгоградской области / Н.В. Перекрестов //Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: мат. междунар. научно-практич. конф.- Курск, 2017. – С.252-255.

147. Полетаева, Е.А. Загрязнение почвы тяжелыми металлами / Е.А. Полетаева, Л.И. Ковалева // II Лужские научные чтения, современное научное знание: теория и практика: материалы международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2014. – С. 83-86.

148. Почвы СССР / Т.В. Афанасьева [и др.]. – М.: Изд-во «Мысль», 1979. – 380 с.

149. Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России / Под редакцией академиков

Россельхозакадемии А.В. Гордеева, Г.А. Романенко. – М.: Росинформагротех, 2008. – 67 с.

150. Прошкин, В.А. Оценка тесноты и достоверности связи прибавки урожайности озимой пшеницы и агрохимических свойств почвы / В.А. Прошкин // АгроЭкоИнфо. – 2010. – №2. – С. 2-10.

151. Ракутин, М.Н. О бонитировке почв Волгоградской области / М.Н. Ракутин // Химия, генезис и картография почв: материалы съезда. – М., 1968. – С. 178-192.

152. Рассыпнов, В.А. Бонитировка почв как основа кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения/ В.А. Рассыпнов, Е.М. Соврикова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – №11(97). – С. 103-106.

153. Редько, М.В. Бонитировочная оценка почв сельскохозяйственных угодий с учетом их загрязненности тяжелыми металлами (на примере Московской области): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.27 / Редько Марина Витальевна. – М., 2009. – 27 с.

154. Реймерс, Н.Ф. Природопользование / Н.Ф. Реймерс.– М.: Мысль, 1990. – 637 с.

155. Роде, А.А. Толковый словарь по почвоведению / А.А. Роде. – М.: Наука, 1975. – 290 с.

156. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. – Введ. 01.07.2002.

157. Седых, В.А. Бонитировка почв предгорных равнин сухостепной зоны / В.А. Седых [и др.] // Плодородие. – 2018. – №2. – С 39-42.

158. Семенов, В.А. Взаимозависимость между содержанием гумуса и другими свойствами почвы – факторами урожая / В.А. Семенов // Почвоведение. – 1992.– №11. – С. 68-80.

159. Сибирцев, Н.М. Избранные сочинения. В 2 т. Т. 1. Почвоведение / Н.М. Сибирцев. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1951. – 458 с.
160. Синельников, Э.П. Оценка состояния почв по результатам агрохимического обследования / Э.П. Синельников, Ю.И. Слабко // Химия в сел. хоз-ве. – 1995. – №2-3. – С. 28-31.
161. Сискевич, Ю.И. Агрохимический мониторинг при кадастровой оценке пахотных земель в зонах интенсивного земледелия: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.26 / Сискевич Юрий Иванович. – Воронеж, 2007. – 22 с.
162. Скрипко, Т.В. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами / Т.В. Скрипко, И.Л. Мальгина // Успехи современного естествознания. – 2019. – №6. – С. 105-110.
163. Соболев, С.С. Бонитировка почв на территории СССР : (курс лекций, прочитанный слушателям факультета повышения квалификации преподавателей) / С.С. Соболев; Моск. лесотехн. ин-т, каф. почвоведения. – М.: Московский лесотехнический институт, 1974. – 118 с.
164. Соболев, С.С. Бонитировка почв / С.С. Соболев, И.А. Полянский. – М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1965. – 414 с.
165. Соколов, О.А. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды / О.А.Соколов, В.А.Черников, В.А. Лукин; Российский гос. аграрный ун-т – Московская с.-х. акад. им. К.А. Тимирязева, Белгородская гос. с.-х. акад., Всероссийский научно-исслед. ин-т агрохимии им. Д.Н. Прянишникова. – Изд. 2-е, доп. – Белгород: Константа, 2008. - 185 с.
166. Спиридонова, И.В. Динамика изменения содержания валовых форм тяжелых металлов в почвах Волгограда / И.В. Спиридонова, А.А. Околелова, Н.Г. Кокорина, А.С. Иванова // Плодородие. – 2010. – №4. – С. 42-43.
167. Степанова, Л.П. Экологическая оценка интенсивности накопления тяжелых металлов в агроэкосистемах на техногенно-загрязненных почвах / Л.П.

Степанова, В.Э. Циканавичутэ, С.Ю. Халимон // Вестник аграрной науки. – 2018. – №4 (73). – С. 53-59.

168. Сычев, В.Г. Тенденции изменения агрохимических показателей плодородия почв Европейской части России / В.Г. Сычев. – М.: ЦИНАО, 2000. – 187 с.

169. Темнышова, В.А. Современное состояние компонентов агроландшафта Волгоградской области / В.А. Степанова // Международный научно-исследовательский журнал. -2015. - № 9(40)- С. 40-42.

170. Титова, В.И. Е.В. Некоторые подходы к экологической оценке загрязнения земельных угодий / В.И. Титова, М.В. Дабахов, Е.В. Дабахова // Почвоведение. – 2004. – № 10. – С. 1264-1267.

171. Тихонова, Д.А. Почвенное обследование и кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Волгоградской области [Электронный ресурс] / Д.А. Тихонова // Студенческий электронный научный журнал. – 2017. – №18(18). – Режим доступа: <https://sibac.info/journal/student/18/87346>.

172. Тюменцев, Н.Ф. Бонитировка почв на генетико-производственной основе / Н.Ф. Тюменцев. – Саратов: ССХИ, 1969. – 75 с.

173. Украинский, П.А. Оценка земель сельскохозяйственного назначения по показателям плодородия для дистанционного мониторинга (на примере Белгородской области): автореф. дис. ... канд. географ. наук: 25.00.26 / Украинский Павел Александрович. – Белгород, 2011. – 23 с.

174. Федоров, П.Е. Оценка загрязнения почвы тяжелыми металлами вблизи автотрассы с использованием кресс-салатного теста / П.Е. Федоров // Региональное образование 21 века: проблемы и перспективы. – 2012. – №2. – С. 207-209.

175. Фрид, А.С. Оценка плодородия почвенного покрова на базе длительного полевого опыта / А.С. Фрид, А.Я. Воронин // Почвоведение. – 2000. – №4. – С.488-496.

176. Хазиахметов, Р.М. Экологически-ориентированное управление структурой и функцией агроэкосистем: автореф. дис. ... д. биол. наук: 03.00.16 / Хазиахметов Рашит Мухаметович. – Уфа, 2002. – 36 с.

177. Цыганок, С.И. Эколого-агрохимическое состояние агроландшафтов и реабилитация загрязненных тяжелыми металлами экосистем в Среднем Поволжье: автореф. дис. ... д. биол. наук: 06.01.04, 03.00.16 / Цыганок Сергей Иванович. – М., 2006. – 38 с.

178. Чеботникова, Е.А. Диагностика состояния агроэкосистем Приазовской зоны Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / Чеботникова Елена Андреевна. – Персиановский, 2006. – 21 с.

179. Челтыгмашева, И.С. Качество растениеводческой продукции в условиях загрязнения тяжелыми металлами / И.С. Челтыгмашева, Н.А. Черных. – М.: Оргсервис-2000, 2004. – 95 с.

180. Черкасов, Г.Н. Основные принципы методики бонитировки почв и бонитировки земель неорошаемой пашни/ Г.Н. Черкасов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №12. – С. 3-6.

181. Черников, В.А. Агроэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др. – М.: Колос, 2000. – 536 с.

182. Чернов, Г.И. Агрохимические показатели плодородия почв Чувашии и пути их оптимизации для повышения урожайности сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Чернов Георгий Иванович. – Чебоксары, 2004. – 22 с.

183. Черных, Н.А. Влияние различного уровня содержания цинка, свинца и кадмия в почве на состав и качество растительной продукции: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.03 / Черных Наталья Анатольевна. – М/, 1988. – 27 с.

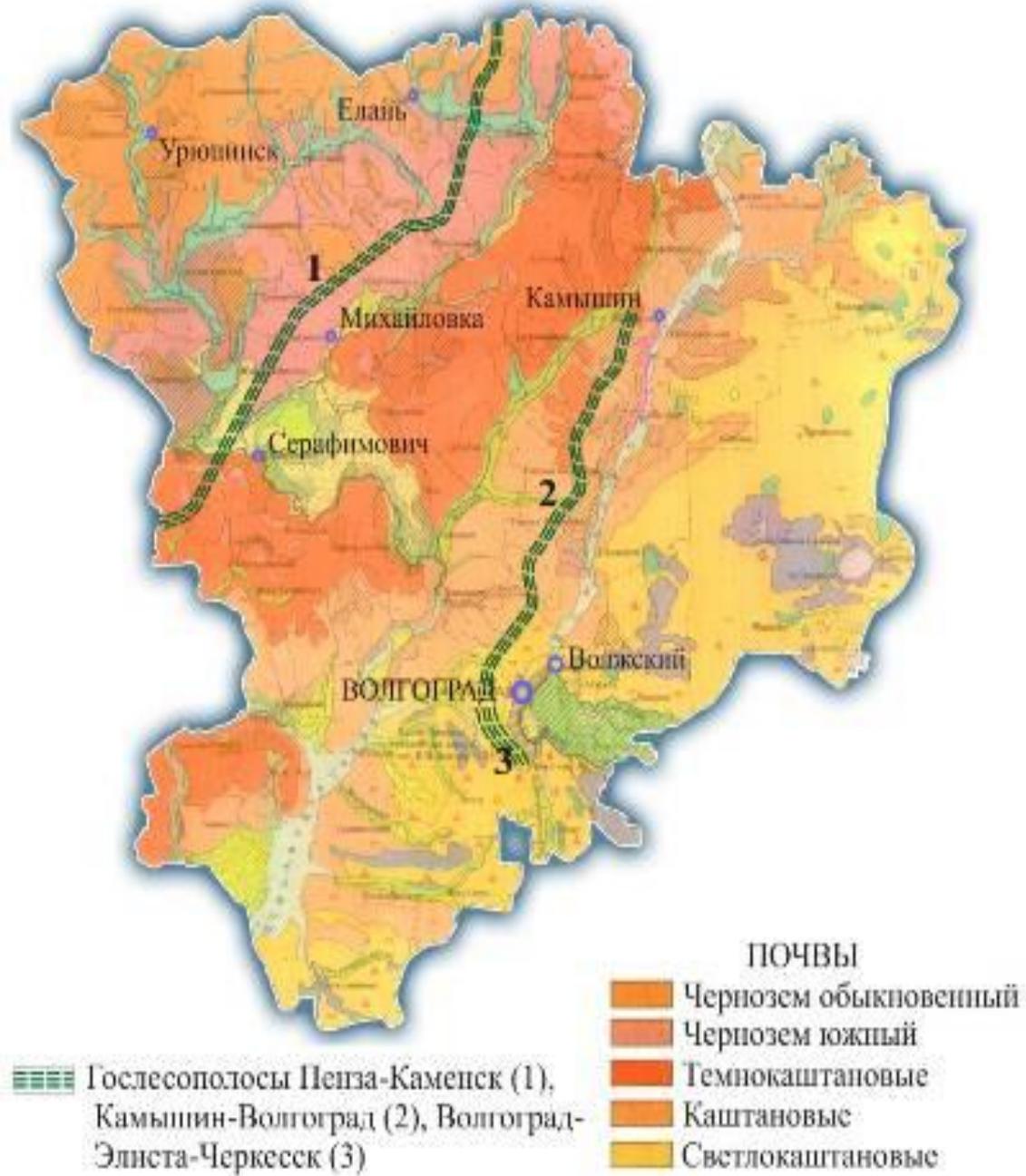
184. Черных, Н.А. Изменение содержания ряда химических элементов в растениях под действием различных количеств тяжелых металлов в почве / Н.А. Черных // Агрохимия. – 1991. – № 3 – С. 68-76.

185. Черных, Н.А. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами / Н.А. Черных, Н.З. Милащенко, В.Ф. Ладонин. – Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. – 148 с.
186. Шабаев, А.Г. Недостатки методики комплексной оценки плодородия почв и пути их решения / А.Г. Шабаев // Актуальные проблемы современной науки: сборник статей Международной научно-практической конференции (25 ноября 2014 г., г. Уфа). в 2 ч. Ч. 2. – Уфа, 2014. – С. 295-298.
187. Шабаев, А.Г. Учет нелинейного характера влияния диагностических признаков почв на урожайность при качественной оценке земель сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс] / А.Г. Шабаев, В.А. Киселев // Инженерный вестник Дона. – 2015. - №1. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2747>.
188. Шишов, Л.Л. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
189. Шишов, Д.А. Некоторые вопросы совершенствования системы управления сельскохозяйственными землями (федеральный и региональный аспекты) / Д.А. Шишов, М.А. Окунев // Юридическая мысль. – 2011. - №2. – С. 106-110.
190. Шумейко, А.Я. Экологическая оценка взаимодействия пестицидов и радиации в агроэкосистемах Брянской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 03.00.16 / Шумейко Азгануш Яковлевна. – Брянск, 2004. – 23 с.
191. Ягодин, Б.А. Агрехимия / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. – М.: Колос, 2003. – 585 с.
192. Antal J. Movement of agrichemical through in soil profile into underground water. - Memores / J. Antal, J. Benetin // International Association of Hydrogeologists. Prague Congress. –1982. – Vol. 16 (part 2). –P. 35-47.
193. Denisova, E. V. Current state of agricultural lands Gorodishchenskiy district of the Volgograd region and assessment of the level of their use / E.V. Denisova // ISJ Theoretical & Applied Science. – 2014. – №4 (12). – P. 182-187.

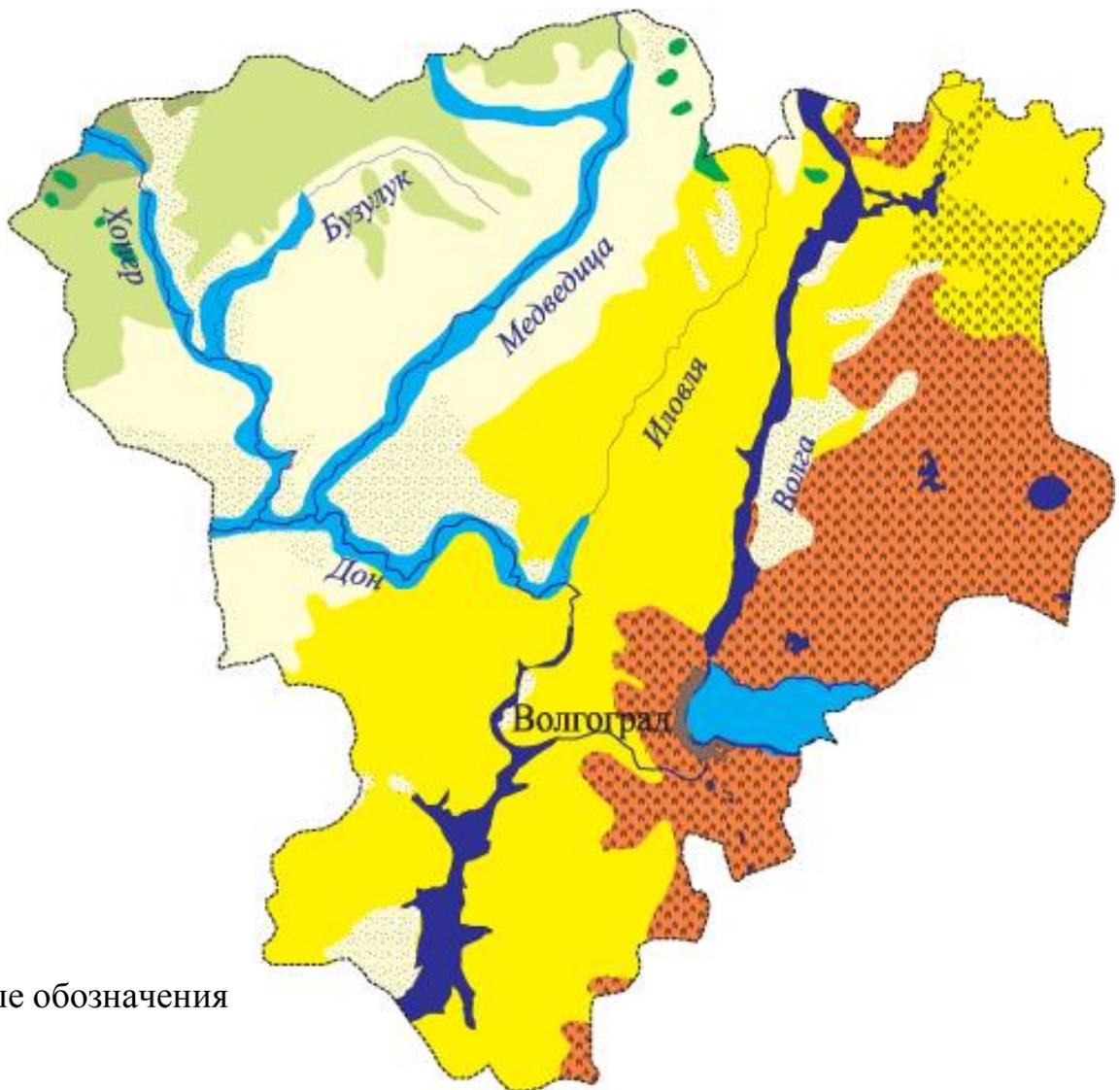
194. Huang, P.M. Molecular Environmental Soil Science at the Interfaces in the Earth's Critical Zone / P.M. Huang [Eds.]. – Zhejiang University Press, Hangzhou and Springer, 2010. – 364 p.
195. Muller, J. Interaction of lead and cadmium on metal uptake and growth of corn plant / J. Muller // J. Environm. Qual. – 1977. – V.6. (№ 1). – P. 18-20.
196. Ondrasek, G. Biogeochemistry of soil organic matter in agroecosystems & environmental implications / G. Ondrasek [Eds.] // Science of the Total Environment. – 2019. – Vol. 658. – P. 1559–1573.
197. Onistratenko, N.V. Heavy metals in suburban ecosystems of industrial centres and ways of their reduction / N.V. Onistratenko [Eds.] // Ekologia Bratislava. – 2016. – V. 35. №3. – P. 205-212.
198. Pratush, A. Adverse effect of heavy metals (As, Pb, Hg, and Cr) on health and their bioremediation strategies: a review [Electronic resource] / A. Pratush, A. Kumar, Z. Hu // International Microbiology. – 2018. – Vol. 21. № 3. – DOI: 10.1007/s10123-018-0012-3.
199. Wallace, A. Multiple trace element toxicities in plant / A. Wallace, E.M. Romney, G.V. Alexander // J. Plant Nutr. – 1981. – V.3. (№ 1-4). – P.257-263.
200. Wolman, N. G. Land transformation in agriculture / N.G. Wolman, F.G. Fournier // Environment: Science and Policy for Sustainable Development. - N.Y., 1987. – P. 9-43.
201. Xing, W. Spatial distribution of smelter emission heavy metals on farmland soil [Electronic resource] / W. Xing [Eds.] // Environmental monitoring and assessment. – 2019. – Vol. 191. № 2. – DOI: 10.1007/s10661-019-7254-1.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Почвенная карта Волгоградской области



Карта растительности Волгоградской области



Условные обозначения

	Леса		Разнотравно-дерновинно-злаковые степи		Растительность пойм
	Луговая степь (лесостепь)		Дерновинно-злаковые степи		Галофитные сообщества
	Богато-разнотравно-дерновинно-злаковые степи		Польнно-злаковые степи (опустыненные степи)		Псаммофитные сообщества

Почвенно-климатические зоны Волгоградской области

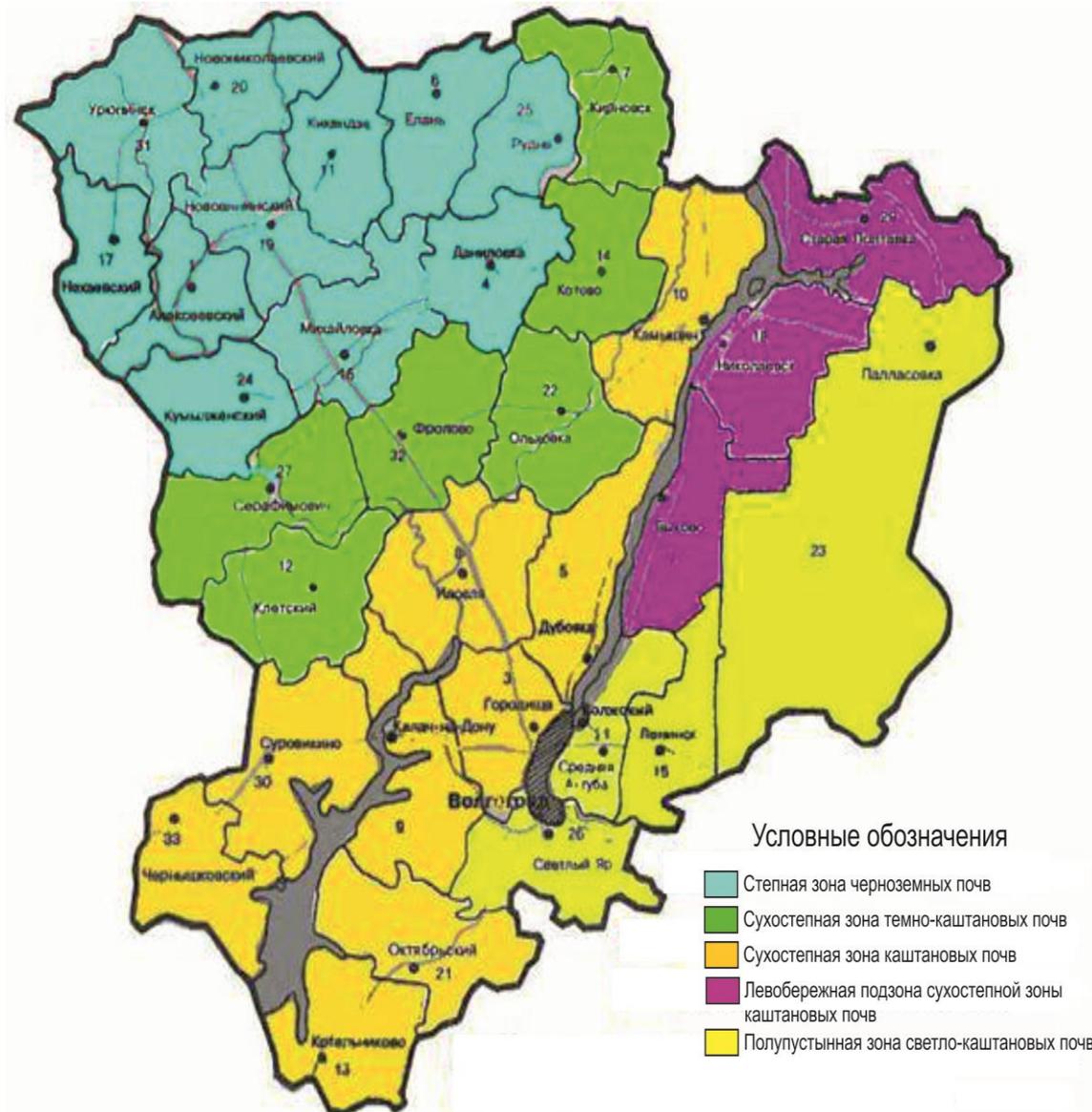
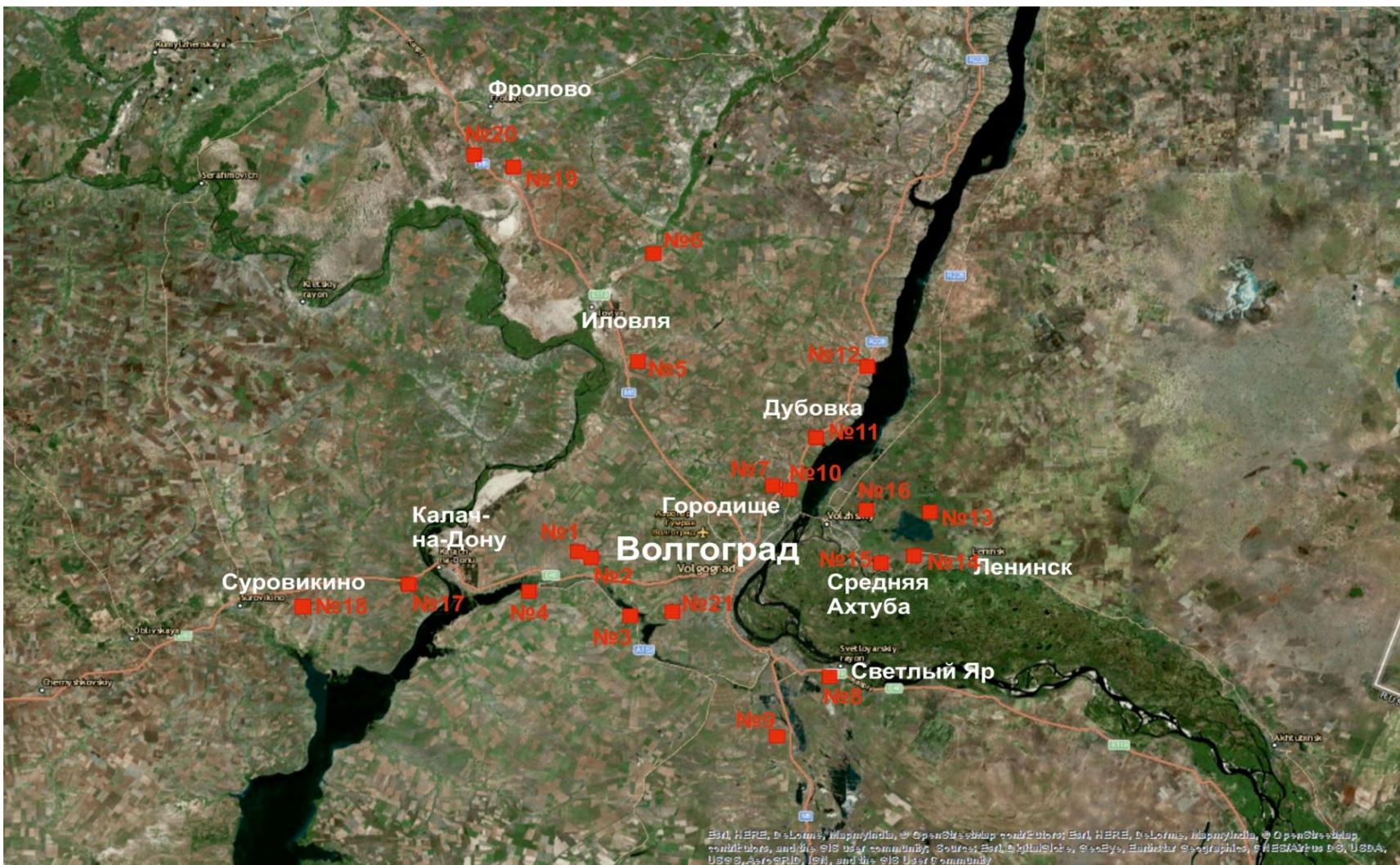


Схема расположения и нумерация реперных участков



Концентрация тяжелых металлов в почвах на реперных участках по годам исследований

Концентрация свинца

Год/№ПУ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
2000	5,83	9,32	6,70	5,75	5,83	8,20	9,32	5,40	9,32	8,20	3,50	3,50	8,20	8,20	8,20	5,83	5,83	3,50	8,20	4,70	5,83
2001	5,17	4,47	5,07	5,62	3,84	5,27	4,24	4,70	5,02	3,80	3,00	3,61	5,83	5,09	4,71	5,20	3,34	3,59	4,35	3,24	4,52
2002	3,39	4,05	4,47	5,11	2,90	4,62	2,67	3,13	3,29	3,49	2,58	2,48	2,16	5,07	6,40	5,54	6,53	5,09	5,42	5,21	6,90
2003	4,40	4,40	4,40	4,40	3,42	2,80	4,31	5,00	6,60	2,92	4,80	1,25	4,40	6,00	4,43	4,20	3,80	2,33	2,40	3,40	4,60
2004	3,00	4,24	2,80	5,10	3,51	4,43	3,92	4,15	3,36	1,83	1,30	0,74	4,50	3,91	0,74	4,90	5,00	5,55	3,40	4,43	5,00
2005	5,77	5,90	6,71	5,80	5,80	3,00	7,80	8,00	5,20	7,55	1,96	2,23	4,80	4,86	6,52	6,00	4,00	6,80	4,57	1,51	6,32
2006	5,77	2,80	4,24	4,86	4,15	3,92	4,43	4,82	1,30	1,83	3,36	3,74	3,91	3,91	4,11	14,20	5,18	6,18	3,40	9,86	6,18
2007	5,16	3,85	4,92	4,52	4,85	4,15	5,62	5,67	3,15	1,77	3,96	4,10	3,70	3,18	5,12	15,63	5,88	5,99	3,65	9,01	7,22
2008	3,98	2,80	3,17	4,32	4,32	6,32	3,56	3,56	3,36	4,56	4,52	3,89	3,35	4,45	2,70	7,15	4,05	4,67	3,42	4,70	5,13
2009	7,88	6,47	6,33	5,22	4,22	3,9	4,78	7,51	5,95	4,41	4,5	4,74	5,63	5,02	6,06	4,93	5,3	6,48	4,54	5,16	6,47
2010	5,750	6,470	4,460	5,220	4,220	3,900	5,740	7,510	5,850	4,410	4,500	4,740	5,630	6,900	5,340	4,930	5,300	5,700	5,900	3,200	6,350
2011	6,10	6,11	4,45	5,82	4,92	5,04	4,20	7,84	4,64	6,40	4,50	2,40	6,00	5,70	5,60	4,00	4,42	4,86	4,84	3,72	5,94
2012	5,10	4,65	5,00	4,30	5,24	3,23	4,70	5,14	4,90	10,10	1,48	4,24	3,70	2,74	3,75	4,00	5,33	3,72	3,70	4,33	3,63
2013	5,40	5,00	5,20	4,30	6,00	4,80	5,90	5,20	5,20	9,00	4,40	5,94	3,87	2,74	3,75	4,47	6,40	5,70	5,00	5,60	4,80
2014	5,24	5,09	5,20	5,15	4,61	4,67	5,17	6,00	6,22	5,84	1,24	1,36	5,22	4,10	3,84	5,94	6,13	4,15	5,50	4,86	4,00
2015	3,90	3,20	3,10	4,20	3,00	3,42	4,10	3,86	3,20	3,22	1,94	3,00	4,70	3,90	5,00	4,30	6,10	3,15	5,30	1,22	4,30
2016	5,24	5,26	5,70	5,66	2,64	2,21	5,19	6,34	7,17	6,52	6,66	7,80	7,27	6,94	5,80	5,28	5,45	5,00	5,92	5,66	8,20
2017	5,10	4,65	5,00	4,30	5,24	3,23	4,70	4,88	6,90	5,34	4,54	9,00	6,63	6,94	5,55	6,76	5,30	6,48	4,54	5,16	6,47

Концентрация никеля

Год/№ПУ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
2000	9,80	8,80	8,30	8,80	5,80	9,80	7,80	6,80	9,30	8,80	4,33	2,90	9,30	7,80	8,30	7,80	10,30	8,30	9,30	8,80	10,30
2001	9,04	7,39	7,76	7,26	6,77	9,20	7,79	5,83	5,52	7,50	4,52	1,52	9,43	8,73	7,53	6,87	10,90	9,03	9,72	8,41	9,97
2002	8,30	7,21	7,53	7,11	6,31	8,56	6,82	5,62	6,23	5,30	11,10	6,10	9,31	8,65	7,21	6,74	9,52	8,56	9,63	7,98	10,00
2003	7,52	7,12	7,00	6,73	5,60	7,40	5,00	4,80	8,64	4,64	8,23	2,00	6,50	8,44	6,90	6,10	9,30	8,00	6,90	7,24	10,00
2004	5,96	6,54	4,61	4,50	5,74	7,20	4,11	6,34	6,22	1,20	1,43	1,61	5,94	5,86	1,61	2,15	6,64	5,76	6,80	4,46	6,20
2005	6,63	6,30	9,53	7,91	7,91	1,17	7,96	4,94	6,67	3,21	2,60	2,70	8,60	7,90	8,00	7,22	9,30	7,40	7,21	0,12	8,16
2006	6,63	12,40	9,93	9,90	8,20	9,85	9,70	12,90	8,91	9,43	8,70	11,10	9,30	18,70	11,00	11,20	12,40	12,50	12,80	13,00	11,80
2007	12,80	12,00	10,20	8,45	8,20	10,60	9,03	11,60	8,90	9,60	8,70	11,80	9,60	16,50	13,00	13,20	13,40	14,60	13,80	13,80	15,80
2008	7,33	7,77	7,95	7,95	7,95	8,45	7,49	7,49	7,57	7,57	8,75	8,90	8,05	8,09	8,73	8,65	8,75	8,25	7,86	8,00	8,64
2009	9	9,1	6,92	7	7,4	6,61	5,2	7,63	7	6	4,9	6,14	7,1	7,15	7,1	6,54	9,58	10,2	7,33	7,4	11,1
2010	15,300	10,100	11,200	7,000	7,400	8,620	12,000	7,630	11,400	5,400	6,000	6,140	7,100	13,700	15,000	6,540	9,580	14,000	15,800	12,200	14,800
2011	14,20	11,70	10,50	9,94	12,30	13,80	12,50	9,30	12,40	5,65	4,83	3,36	7,50	12,20	11,10	9,84	14,30	11,50	13,00	10,50	12,80
2012	8,38	8,31	8,53	9,17	13,70	14,00	8,00	9,70	9,30	2,20	0,96	7,88	9,00	8,90	8,31	9,84	10,30	9,71	14,90	13,40	10,50
2013	9,50	9,00	7,98	9,17	12,40	13,20	9,60	9,70	9,30	6,00	4,50	9,20	9,00	9,00	8,50	8,52	11,60	10,50	15,60	14,20	12,40
2014	6,42	6,10	5,80	7,16	9,00	6,64	7,72	10,20	9,10	7,85	3,10	2,00	10,00	8,80	9,00	8,80	8,36	9,44	10,50	11,40	10,00
2015	5,96	6,24	4,96	5,24	6,00	8,80	6,22	5,84	5,00	4,56	5,24	5,10	5,00	8,00	7,82	6,94	5,70	5,84	6,00	6,34	5,80
2016	7,00	6,86	10,90	10,10	3,76	3,81	9,11	8,54	8,07	8,84	10,40	11,30	9,59	10,20	6,58	6,43	10,60	10,60	10,10	9,80	9,26
2017	8,38	8,31	8,53	9,17	13,70	14,00	8,00	7,53	7,30	7,80	8,00	7,70	8,57	10,20	9,38	10,20	9,58	10,20	7,33	7,40	11,10

Концентрация меди

Год/№ПУ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
2000	8,62	8,23	6,70	7,44	4,70	7,83	7,44	9,00	8,23	8,23	4,31	2,74	10,60	8,23	8,23	6,30	8,23	7,00	8,62	6,30	9,00
2001	8,26	7,50	6,99	6,87	6,89	7,00	6,99	7,27	7,12	6,43	4,39	1,96	9,14	7,27	6,18	5,33	5,69	3,92	5,08	4,01	5,38
2002	9,32	6,36	4,91	5,07	4,48	7,08	5,25	6,68	5,64	4,78	2,85	0,90	3,06	4,68	3,95	8,00	7,22	3,92	7,51	6,37	7,95
2003	6,60	6,40	6,00	5,71	5,13	5,80	5,20	7,30	7,80	5,00	8,50	2,00	7,34	8,90	7,60	5,84	6,32	7,50	6,00	5,11	8,00
2004	7,90	7,50	5,13	5,60	6,50	7,75	6,00	6,40	7,00	5,95	3,34	2,08	8,23	7,21	2,08	8,63	6,50	6,20	6,75	5,30	6,71
2005	9,10	8,72	9,90	8,40	8,40	4,10	9,22	11,90	8,20	8,75	3,94	4,85	8,75	9,50	9,70	9,90	8,42	10,00	7,65	5,95	8,56
2006	9,10	6,52	5,69	5,90	6,13	7,02	7,08	5,42	6,48	3,45	4,15	3,28	6,92	6,93	6,93	11,30	7,52	5,89	6,13	5,89	6,72
2007	7,80	7,10	6,10	6,32	6,40	7,00	7,80	5,60	6,80	4,00	4,10	3,90	9,80	5,30	6,00	10,40	7,60	5,10	6,20	5,20	6,30
2008	7,09	7,25	7,04	7,27	7,27	6,96	6,83	6,83	7,15	7,12	7,27	7,32	7,25	7,16	7,38	7,23	7,37	7,24	7,03	7,09	7,12
2009	7,92	5,5	5,79	5,82	5,93	5,65	5,69	5,63	5,7	5,83	5,14	5,86	6,23	6,15	6,53	6,21	7,22	7,33	6	5,7	7,6
2010	9,10	8,70	6,32	5,60	6,01	6,23	7,50	6,20	6,90	5,20	5,12	5,79	6,00	8,80	10,30	9,30	7,22	7,73	7,93	6,60	8,51
2011	9,52	7,81	6,00	6,20	7,76	8,55	8,46	8,00	7,42	9,71	3,20	2,52	6,10	7,70	8,40	6,00	8,24	7,50	7,31	5,90	7,91
2012	6,55	6,91	7,42	6,75	8,74	8,61	5,76	6,52	6,72	5,10	1,46	6,11	5,80	5,52	5,71	6,00	6,67	6,43	8,04	7,84	6,47
2013	7,00	7,44	7,42	6,75	9,20	9,00	6,72	6,52	6,90	5,34	4,54	9,00	5,80	5,52	5,71	5,63	7,72	7,00	9,26	7,20	7,42
2014	5,18	6,06	5,92	6,24	7,15	6,20	5,09	6,58	6,19	6,06	4,54	6,36	6,10	5,76	6,82	6,90	6,64	5,96	7,40	6,20	7,00
2015	8,76	7,74	6,90	6,80	7,70	6,54	6,00	11,40	7,85	5,54	5,00	6,25	8,74	7,72	6,70	7,00	6,52	6,60	7,10	6,60	8,64
2016	8,68	8,73	10,19	6,80	5,60	5,59	8,20	7,69	7,73	8,10	4,90	10,90	10,00	9,96	8,85	8,90	7,40	6,90	8,95	6,08	8,30
2017	6,55	6,91	7,42	6,75	8,74	8,61	5,76	6,74	9,30	6,00	4,50	9,20	8,66	9,96	8,80	9,45	7,22	7,33	6,00	5,70	7,60

Концентрация цинка

Год/№ПУ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
2000	4,43	4,92	3,95	4,43	3,00	5,20	4,20	4,20	5,70	4,92	2,52	1,82	4,92	4,43	4,92	3,95	4,92	3,50	4,43	4,43	4,70
2001	5,17	4,71	4,41	4,23	3,71	6,81	4,65	4,34	3,83	4,41	3,79	1,94	6,72	5,08	4,95	12,20	5,09	4,65	5,04	5,12	5,56
2002	5,29	3,91	3,62	3,81	2,66	6,46	2,87	3,38	2,58	4,71	1,63	0,81	1,96	2,41	4,56	5,97	5,90	4,58	5,29	4,39	4,22
2003	3,40	3,40	3,10	3,20	2,54	3,30	3,14	4,00	4,00	2,90	4,80	1,40	3,90	5,00	4,00	4,00	4,22	3,50	3,00	3,43	4,25
2004	4,11	4,30	3,12	3,17	3,46	11,60	4,00	4,21	4,42	5,53	2,93	1,42	5,42	4,64	1,42	11,50	4,36	3,48	4,22	5,06	4,26
2005	4,54	4,00	5,80	4,20	4,20	9,54	7,00	3,50	4,25	6,10	2,22	1,93	6,76	4,87	5,72	10,80	4,51	6,70	4,33	1,47	4,87
2006	4,54	5,60	4,04	4,00	6,52	8,09	6,32	4,44	5,19	6,15	3,18	2,44	6,25	6,25	5,32	9,60	10,20	9,23	8,35	6,05	5,60
2007	5,06	5,25	4,95	4,70	5,98	9,36	7,12	5,35	5,95	7,11	2,19	3,03	10,06	8,28	6,19	8,70	13,52	12,36	9,58	6,94	6,06
2008	5,90	5,03	5,23	5,23	5,23	8,07	5,00	5,00	4,77	4,75	5,37	5,58	4,86	4,76	4,63	5,09	5,11	5,40	4,58	4,50	5,17
2009	5,2	5,43	4,3	4,1	5,3	5,52	4,75	4,53	3,93	4,66	4,43	4,62	5,3	4,6	5,25	5,11	4,57	4,55	3,6	5,6	5,5
2010	6,35	5,30	4,96	4,10	5,30	5,52	5,56	4,53	4,76	4,66	4,43	4,62	5,30	4,60	5,25	5,11	4,57	4,55	3,60	5,60	5,50
2011	6,60	6,54	5,33	6,00	5,40	7,00	5,81	6,40	6,50	7,75	8,71	2,90	5,12	6,66	6,11	5,84	5,95	5,12	5,74	5,93	6,00
2012	6,40	7,00	7,93	4,94	6,77	6,24	5,18	4,90	5,45	13,00	2,05	5,70	5,42	5,36	5,12	5,84	6,90	6,02	5,97	5,78	4,42
2013	7,00	8,92	7,00	5,20	7,72	7,00	6,24	4,90	5,45	15,40	5,00	7,10	5,34	5,50	5,12	4,84	6,10	7,20	5,10	7,00	6,60
2014	5,92	6,74	5,00	6,10	4,75	5,62	4,10	10,20	4,80	4,34	3,00	4,50	5,84	5,72	5,30	5,64	6,00	4,12	4,09	5,14	5,51
2015	6,20	5,90	4,80	6,20	4,80	6,00	7,10	10,20	5,30	4,20	4,35	4,10	5,34	5,00	6,20	6,34	5,76	5,00	4,92	4,24	5,82
2016	4,33	4,37	5,05	5,04	2,55	2,57	5,44	5,18	5,14	5,71	5,90	5,85	5,45	5,50	4,68	4,65	5,60	5,74	5,21	5,27	5,76
2017	6,40	7,00	7,93	4,94	6,77	6,24	5,18	3,54	5,20	9,00	4,40	5,94	5,18	5,50	4,97	5,55	4,57	4,55	3,60	5,60	5,50

Концентрация кадмия

Год/№ПУ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
2000	0,14	0,18	0,18	0,16	0,16	0,11	0,16	0,18	0,18	0,16	0,19	0,18	0,16	0,18	0,19	0,13	0,12	0,14	0,18	0,14	0,16
2001	0,11	0,13	0,11	0,12	0,09	0,11	0,10	0,17	0,16	0,11	0,14	0,04	0,15	0,13	0,15	0,15	0,12	0,10	0,12	0,14	0,17
2002	0,104	0,100	0,092	0,111	0,082	0,087	0,069	0,125	0,058	0,099	0,092	0,080	0,077	0,154	0,186	0,166	0,106	0,055	0,132	0,141	0,150
2003	0,100	0,080	0,120	0,110	0,060	0,080	0,100	0,110	0,110	0,080	0,170	0,060	0,080	0,170	0,150	0,080	0,120	0,120	0,080	0,120	0,130
2004	0,100	0,060	0,100	0,150	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,080	0,050	0,140	0,100	0,050	0,180	0,200	0,070	0,100	0,080	0,150
2005	0,070	0,140	0,110	0,110	0,110	0,050	0,130	0,160	0,100	0,100	0,100	0,080	0,120	0,100	0,140	0,170	0,160	0,160	0,100	0,050	0,050
2006	0,070	0,170	0,130	0,130	0,150	0,160	0,050	0,090	0,080	0,160	0,090	0,200	0,190	0,190	0,080	0,150	0,140	0,140	0,170	0,140	0,190
2007	0,160	0,110	0,130	0,120	0,130	0,190	0,060	0,080	0,080	0,140	0,090	0,190	0,100	0,190	0,090	0,190	0,150	0,150	0,180	0,150	0,170
2008	0,150	0,160	0,170	0,100	0,100	0,110	0,080	0,080	0,080	0,130	0,090	0,110	0,140	0,120	0,070	0,150	0,100	0,060	0,060	0,170	0,070
2009	0,117	0,135	0,113	0,103	0,064	0,09	0,078	0,062	0,126	0,114	0,091	0,091	0,11	0,077	0,071	0,082	0,146	0,147	0,084	0,086	0,156
2010	0,130	0,130	0,110	0,100	0,060	0,090	0,160	0,060	0,140	0,100	0,090	0,090	0,110	0,130	0,180	0,090	0,140	0,110	0,100	0,130	0,150
2011	0,09	0,09	0,05	0,08	0,10	0,15	0,06	0,13	0,10	0,08	0,12	0,01	0,10	0,12	0,16	0,08	0,07	0,05	0,11	0,05	0,11
2012	0,11	0,11	0,13	0,09	0,18	0,13	0,08	0,08	0,10	0,10	0,06	0,05	0,06	0,08	0,10	0,08	0,11	0,14	0,13	0,12	0,10
2013	0,12	0,12	0,15	0,08	0,17	0,14	0,10	0,08	0,10	0,11	0,08	0,09	0,06	0,08	0,12	0,10	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15
2014	0,12	0,10	0,08	0,15	0,09	0,11	0,10	0,14	0,13	0,05	0,10	0,03	0,09	0,14	0,15	0,11	0,13	0,06	0,08	0,09	0,10
2015	0,20	0,20	0,20	0,19	0,13	0,18	0,20	0,20	0,17	0,17	0,17	0,18	0,17	0,15	0,16	0,17	0,17	0,15	0,17	0,17	0,15
2016	0,09	0,09	0,12	0,11	0,03	0,04	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,01	0,01	0,11	0,11	0,11	0,11
2017	0,11	0,11	0,13	0,09	0,18	0,13	0,08	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,10	0,15	0,15	0,15	0,15	0,08	0,09	0,16

Концентрация мышьяка

Год/№ПУ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
2000	9,80	9,60	7,60	9,00	6,20	7,60	7,40	7,70	8,60	8,20	6,60	6,20	8,20	7,40	7,10	5,10	5,20	7,80	6,60	5,70	7,50
2001	9,00	8,70	7,50	8,50	6,10	7,30	6,80	7,50	7,60	8,00	6,20	5,20	8,00	6,30	6,30	5,20	5,70	7,00	7,00	5,50	7,00
2002	7,30	7,40	7,00	7,30	6,00	7,20	6,80	7,20	7,40	5,60	4,80	5,60	7,00	6,70	6,10	5,30	6,20	7,00	5,90	5,20	6,00
2003	7,30	7,40	7,00	7,30	6,00	7,20	6,80	7,20	7,40	5,60	4,80	5,60	7,00	6,70	6,10	5,30	6,20	7,00	5,90	5,20	6,00
2004	8,30	7,60	8,10	7,60	6,80	7,70	7,10	7,80	7,60	5,70	5,00	8,10	7,10	7,80	8,10	5,50	6,80	7,60	6,80	6,00	6,60
2005	9,30	9,00	9,10	7,10	7,10	7,90	9,20	6,20	6,90	5,60	7,30	7,80	7,60	8,10	5,60	5,20	8,60	6,60	7,80	7,60	7,20
2006	9,30	8,30	8,60	8,80	6,90	7,80	8,20	7,00	7,30	5,80	6,20	8,00	8,00	8,00	6,30	5,40	7,70	7,10	7,30	6,80	6,90
2007	8,70	8,80	8,80	9,10	7,10	7,10	8,80	7,90	7,80	5,30	6,90	8,70	7,70	8,70	6,90	6,00	8,70	7,10	7,90	6,90	6,90
2008	9,10	9,00	9,00	9,30	9,30	7,70	6,00	6,00	6,80	5,80	7,00	7,50	7,40	7,90	5,40	5,20	8,50	6,60	7,70	7,40	7,00
2009	9,40	9,10	9,30	9,10	7,20	7,50	9,00	6,20	6,40	5,40	6,80	7,30	7,20	7,70	5,20	5,00	8,20	6,40	7,30	7,00	7,30
2010	9,00	8,90	9,10	9,10	7,30	7,60	8,80	8,60	6,60	6,80	6,90	7,20	5,90	5,70	7,60	5,00	8,20	5,60	6,80	7,00	7,40
2011	8,60	8,30	8,80	7,20	6,40	6,00	7,80	4,80	6,60	6,00	7,70	5,00	5,50	7,70	5,80	5,80	6,60	6,60	7,40	7,20	7,80
2012	7,80	7,70	7,80	8,00	7,60	7,40	7,70	7,80	7,30	7,60	7,40	7,60	7,70	7,80	7,80	5,80	8,10	7,90	7,70	7,60	7,80
2013	8,00	8,20	7,80	8,00	7,80	7,60	7,70	7,80	7,30	7,80	8,00	7,70	7,00	7,80	7,80	8,00	8,00	7,80	7,70	7,80	8,00
2014	7,80	8,00	7,70	8,00	8,30	8,60	8,50	8,00	7,70	7,80	8,00	8,40	7,90	8,00	8,30	8,00	8,70	8,40	8,30	7,80	8,00
2015	7,30	8,30	7,30	7,80	8,00	8,40	8,20	7,80	7,30	7,40	7,80	8,30	7,70	8,40	8,20	7,80	8,40	8,20	8,00	7,70	7,80
2016	7,8	8,0	7,7	8,0	8,3	8,6	8,5	8,0	7,7	7,8	8,0	8,4	7,9	8,0	8,3	8,0	8,7	8,4	8,3	7,8	8,0
2017	7,80	7,70	7,80	8,00	7,60	7,40	7,70	5,80	7,70	7,80	8,00	8,40	5,50	8,00	5,40	5,70	8,20	6,40	7,30	7,00	7,30

Концентрация ртути

Год/№ПУ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
2000	0,060	0,060	0,050	0,050	0,030	0,020	0,050	0,050	0,050	0,040	0,040	0,020	0,040	0,040	0,040	0,060	0,070	0,170	0,080	0,060	0,060
2001	0,028	0,013	0,020	0,016	0,014	0,045	0,046	0,010	0,010	0,010	0,020	0,016	0,032	0,015	0,010	0,010	0,020	0,030	0,025	0,030	0,040
2002	0,040	0,040	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,030	0,030	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,030	0,030	0,010	0,010	0,010	0,010	0,020
2003	0,040	0,040	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,030	0,030	0,020	0,020	0,020	0,010	0,010	0,020	0,030	0,010	0,010	0,020	0,020	0,020
2004	0,010	0,010	0,020	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	0,020	0,010	0,020	0,010	0,020	0,020	0,010	0,010	0,020	0,010	0,020	0,020	0,020
2005	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	н/о	0,010
2006	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
2007	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
2008	0,014	0,016	0,016	0,016	0,016	0,020	0,017	0,017	0,016	0,010	0,015	0,015	0,010	0,010	0,015	0,015	0,020	0,020	0,020	0,020	0,010
2009	0,01	0,014	0,01	0,016	0,02	0,02	0,01	0,017	0,01	0,01	0,015	0,016	0,01	0,01	0,019	0,017	0,019	0,02	0,016	0,02	0,01
2010	0,010	0,014	0,010	0,016	0,020	0,020	0,010	0,017	0,010	0,010	0,015	0,016	0,010	0,010	0,019	0,017	0,019	0,018	0,016	0,019	0,010
2011	0,010	0,010	0,010	0,010	0,012	0,010	0,010	0,010	0,012	0,010	0,011	0,013	0,010	0,010	0,011	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
2012	0,016	0,016	0,014	0,013	0,018	0,018	0,015	0,012	0,012	0,015	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,012	0,014	0,018	0,017	0,017	0,013
2013	0,017	0,016	0,014	0,013	0,019	0,017	0,016	0,012	0,012	0,013	0,012	0,013	0,011	0,015	0,011	0,011	0,015	0,020	0,018	0,018	0,015
2014	0,011	0,010	0,011	0,011	0,012	0,013	0,011	0,010	0,011	0,010	0,009	0,010	0,013	0,013	0,014	0,015	0,013	0,010	0,015	0,015	0,011
2015	0,010	0,009	0,012	0,011	0,012	0,013	0,011	0,012	0,011	0,010	0,009	0,010	0,009	0,013	0,013	0,014	0,011	0,015	0,013	0,014	0,010
2016	0,0022	0,0023	0,0034	0,0045	0,0020	0,0013	0,0023	0,0063	0,0068	0,0028	0,0062	0,0066	0,0041	0,0043	0,0046	0,0042	0,0053	0,0070	0,0078	0,0082	0,0026
2017	0,0160	0,0160	0,0140	0,0130	0,0180	0,0180	0,0150	0,0151	0,0068	0,0028	0,0062	0,0066	0,0187	0,0043	0,0105	0,0110	0,0190	0,0200	0,0160	0,0200	0,0100

Агрохимические показатели почвенного плодородия на реперных участках в 2001 году

№	Район	Гумус, %	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг	pH	Ca ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Mg ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Na ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Co, мг/кг	Mn, мг/кг
1	Городищенский	1,85	15,0	332	6,5	22,6	7,9	0,47	0,06	0,37	0,03	26,3
2	Городищенский	1,85	20,6	300	7,0	23,6	6,0	0,35	0,13	0,75	0,02	25,1
3	Калачевский	2,04	35,8	378	7,0	25,0	7,2	0,85	0,17	0,68	0,02	24,0
4	Калачевский	2,24	33,5	366	7,1	25,6	5,1	0,55	0,17	0,68	0,02	24,0
5	Иловлинский	2,24	55,8	390	6,8	19,0	4,1	0,35	0,10	0,37	0,03	17,4
6	Иловлинский	2,24	53,0	396	6,9	23,3	6,9	0,75	0,13	0,91	0,02	24,0
7	Городищенский	2,04	58,6	280	6,8	23,8	4,6	0,35	0,10	0,52	0,05	21,7
8	Светлоярский	2,00	27,6	638	7,1	21,3	6,4	0,55	0,24	0,83	0,03	22,9
9	Светлоярский	1,85	27,6	614	7,2	21,6	6,4	0,65	0,24	0,75	0,02	26,3
10	Городищенский	2,24	55,8	400	7,1	20,9	4,3	0,90	0,13	0,60	0,03	25,1
11	Дубовский	2,24	99,0	800	6,9	8,9	2,6	0,35	0,03	0,37	0,01	21,7
12	Дубовский	1,85	27,6	140	5,9	6,2	1,2	0,30	0,06	0,22	0,03	13,1
13	Ленинский	2,50	99,0	800	7,0	20,2	7,1	0,50	0,39	1,06	0,05	38,2
14	Ленинский	1,85	30,0	470	6,8	19,1	8,3	1,47	0,17	0,37	0,01	20,6
15	Среднеахтубинский	1,85	60,0	492	7,0	20,4	5,6	1,00	0,20	0,75	0,02	27,4
16	Среднеахтубинский	2,85	60,0	478	7,1	15,6	6,5	0,85	0,28	1,70	0,05	47,1
17	Калачевский	3,03	32,0	354	6,6	27,6	4,1	0,65	0,03	0,29	0,04	32,1
18	Суровикинский	2,24	27,6	414	5,9	20,9	5,9	0,50	0,06	0,49	0,03	27,4
19	Фроловский	2,44	27,6	314	6,7	25,9	6,3	0,50	0,03	0,29	0,03	18,4
20	Фроловский	2,64	32,4	336	5,9	16,3	4,2	0,35	0,03	0,49	0,03	25,1
21	Городищенский	2,64	34,5	354	6,9	22,5	7,5	0,60	0,10	0,52	0,03	26,3

Агрохимические показатели почвенного плодородия на реперных участках в 2003 году

№	Район	Гумус, %	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг	pH	Ca ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Mg ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Na ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Co, мг/кг	Mn, мг/кг
1	Городищенский	1,40	13,6	310	7,3	20,0	4,4	0,35	0,17	0,73	0,037	19,8
2	Городищенский	1,18	23,5	325	7,6	19,0	5,0	0,35	0,24	0,73	0,037	19,8
3	Калачевский	1,81	39,5	403	7,6	18,0	6,3	0,35	0,17	0,94	0,032	24,8
4	Калачевский	1,40	31,8	392	7,8	18,1	5,8	0,56	0,35	1,05	0,051	23,1
5	Иловлинский	1,50	29,3	353	7,5	14,8	2,1	0,35	0,12	0,41	0,018	16,5
6	Иловлинский	1,81	18,4	268	6,8	20,4	4,3	0,30	0,09	0,52	0,037	13,7
7	Городищенский	1,40	33,6	374	7,6	16,9	3,5	0,35	0,29	1,38	0,066	28,2
8	Светлоярский	1,40	22,0	785	7,6	16,8	4,8	0,50	0,37	1,27	0,085	22,6
9	Светлоярский	1,50	41,1	542	7,5	16,5	3,9	0,45	0,24	0,73	0,037	18,1
10	Городищенский	1,09	37,3	280	7,7	16,5	3,2	0,45	0,39	1,72	0,046	23,7
11	Дубовский	1,18	42,4	390	7,4	16,0	4,0	0,45	0,24	0,62	0,046	23,7
12	Дубовский	1,65	25,2	132	6,4	3,3	1,3	0,20	0,14	0,31	0,061	6,8
13	Ленинский	1,98	20,8	327	7,4	16,8	5,4	0,90	0,26	0,31	0,018	14,3
14	Ленинский	1,18	55,8	462	7,6	16,5	3,5	0,45	0,41	0,94	0,042	22,6
15	Среднеахтубинский	1,29	28,2	329	7,6	17,3	3,7	0,45	0,28	0,94	0,023	20,9
16	Среднеахтубинский	1,40	32,6	329	7,1	15,0	5,0	1,10	0,33	0,41	0,028	16,5
17	Калачевский	2,42	70,4	457	7,0	21,3	3,9	0,70	0,11	0,52	0,100	31,1
18	Суровикинский	1,40	29,2	362	6,7	16,8	4,3	0,35	0,16	0,62	0,051	16,5
19	Фроловский	1,60	21,8	277	6,7	20,8	4,0	0,20	0,08	0,41	0,051	11,6
20	Фроловский	2,22	64,4	412	6,2	12,5	2,7	0,35	0,06	0,31	0,100	25,4
21	Городищенский	1,50	42,4	420	6,7	17,5	6,4	0,60	0,12	0,31	0,046	17,0

Агрохимические показатели почвенного плодородия на реперных участках в 2005 году

№	Район	Гумус, %	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг	pH	Ca ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Mg ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Na ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Co, мг/кг	Mn, мг/кг
1	Городищенский	1,88	25,2	328	7,0	20,6	3,1	0,40	0,21	0,63	0,040	16,5
2	Городищенский	1,22	27,6	307	7,2	16,6	6,8	0,40	0,21	0,89	0,040	16,0
3	Калачевский	2,53	57,2	382	7,2	19,1	5,3	0,70	0,23	0,89	0,040	27,7
4	Калачевский	1,48	24,0	307	7,2	18,9	4,4	1,00	0,17	1,29	0,030	21,7
5	Иловлинский	2,27	48,9	800	7,2	15,4	3,9	0,50	0,11	0,56	0,019	18,1
6	Иловлинский	3,50	100,0	382	7,1	6,2	1,3	0,25	0,12	2,46	0,039	14,9
7	Городищенский	2,27	42,4	414	7,2	15,3	3,3	0,50	0,30	0,99	0,050	21,3
8	Светлоярский	4,68	11,7	800	7,4	16,2	4,5	0,70	0,35	1,35	0,070	39,1
9	Светлоярский	1,88	37,3	370	7,3	16,7	3,5	0,55	0,26	0,86	0,040	24,3
10	Городищенский	1,22	7,3	164	7,5	9,8	1,9	0,55	0,39	1,17	0,050	16,9
11	Дубовский	1,72	21,7	146	7,4	10,1	2,4	0,55	0,27	0,86	0,030	16,6
12	Дубовский	2,00	10,5	150	7,2	6,9	1,3	0,25	0,17	0,34	0,040	10,0
13	Ленинский	2,00	36,0	414	7,2	16,1	4,9	0,55	0,31	0,46	0,020	19,3
14	Ленинский	1,48	36,0	502	7,2	16,5	6,0	0,95	0,42	0,46	0,040	23,5
15	Среднеахтубинский	2,00	58,6	570	7,1	15,3	4,5	0,45	0,32	0,46	0,042	21,9
16	Среднеахтубинский	1,74	25,2	340	7,3	10,2	1,2	0,35	0,41	1,92	0,038	19,3
17	Калачевский	2,53	34,8	378	6,6	16,8	4,4	0,35	0,19	0,46	0,070	19,3
18	Суровикинский	1,74	39,8	390	7,2	16,7	5,0	0,70	0,19	0,62	0,045	20,7
19	Фроловский	2,41	24,0	307	6,9	16,9	4,1	0,35	0,11	0,30	0,042	18,6
20	Фроловский	1,72	19,4	110	6,9	1,8	0,5	0,25	0,10	0,23	0,060	1,9
21	Городищенский	1,88	68,9	318	7,1	17,2	6,2	0,45	0,23	0,92	0,043	20,3

Агрохимические показатели почвенного плодородия на реперных участках в 2007 году

№	Район	Гумус, %	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг	pH	Ca ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Mg ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Na ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Co, мг/кг	Mn, мг/кг
1	Городищенский	1,87	27,6	345	7,0	20,8	3,9	0,40	0,19	0,78	0,040	9,5
2	Городищенский	1,23	25,2	317	7,2	17,1	7,5	0,40	0,19	0,50	0,040	4,5
3	Калачевский	2,50	48,9	363	7,2	19,0	5,3	0,60	0,29	0,99	0,040	20,7
4	Калачевский	1,51	24,0	308	7,2	18,8	3,5	1,00	0,19	1,27	0,030	21,7
5	Иловлинский	2,27	57,2	800	7,2	15,2	3,5	0,50	0,10	0,43	0,020	3,0
6	Иловлинский	3,50	100,0	363	7,1	6,2	1,5	0,30	0,14	0,50	0,060	2,0
7	Городищенский	2,30	42,4	425	7,3	15,0	3,5	0,50	0,31	1,12	0,040	11,5
8	Светлоярский	4,65	7,3	800	7,3	16,9	4,5	0,70	0,33	1,05	0,060	13,5
9	Светлоярский	1,89	37,3	372	7,3	16,0	4,5	0,60	0,31	1,19	0,050	16,1
10	Городищенский	1,72	21,7	153	7,4	10,1	2,4	0,50	0,40	1,19	0,050	11,0
11	Дубовский	1,72	21,7	153	7,4	10,1	2,4	0,50	0,38	1,26	0,020	16,6
12	Дубовский	2,00	10,5	159	7,2	6,8	1,3	0,30	0,46	1,12	0,020	11,5
13	Ленинский	2,00	36,0	412	7,2	16,5	4,5	0,50	0,36	1,19	0,020	11,5
14	Ленинский	1,49	36,0	500	7,2	16,0	6,0	0,90	0,42	1,05	0,040	12,5
15	Среднеахтубинский	2,00	58,0	588	7,1	15,2	4,5	0,50	0,38	1,12	0,060	17,6
16	Среднеахтубинский	1,73	25,8	350	7,2	10,5	1,5	0,30	0,46	0,99	0,060	16,1
17	Калачевский	2,50	34,0	368	6,7	15,8	4,5	0,30	0,21	0,50	0,050	6,5
18	Суровикинский	1,77	39,8	390	7,2	16,6	5,0	0,70	0,23	0,43	0,040	8,5
19	Фроловский	2,40	24,8	317	6,9	15,8	4,5	0,40	0,14	0,50	0,040	5,5
20	Фроловский	1,72	19,3	180	6,9	2,8	0,4	0,20	0,14	0,21	0,040	5,0
21	Городищенский	1,89	69,0	310	7,1	16,2	6,1	0,40	0,27	0,64	0,040	7,5

Агрохимические показатели почвенного плодородия на реперных участках в 2009 году

№	Район	Гумус, %	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг	pH	Ca ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Mg ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Na ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Co, мг/кг	Mn, мг/кг
1	Городищенский	1,89	50,8	478	7,4	16,8	4,0	0,75	0,25	0,60	0,07	25,6
2	Городищенский	1,89	25,7	332	7,5	15,6	4,5	0,75	0,29	0,75	0,07	25,6
3	Калачевский	2,02	120	448	7,6	12,5	3,4	0,60	0,25	1,05	0,05	35,1
4	Калачевский	1,36	70	300	7,6	12,5	4,2	0,60	0,22	1,05	0,06	29,8
5	Иловлинский	1,16	96,7	350	6,0	7,6	3,0	0,30	0,2	0,90	0,07	10,6
6	Иловлинский	1,08	77,4	314	6,1	7,9	3,1	0,15	0,25	0,90	0,09	9,6
7	Городищенский	1,96	33,5	242	7,5	12,2	2,8	0,30	0,27	1,20	0,04	23,6
8	Светлоярский	1,74	134,4	400	7,6	13,4	4,3	0,55	0,32	1,05	0,04	30,9
9	Светлоярский	1,36	125,8	362	7,6	13,0	4,1	0,60	0,25	0,90	0,04	29,8
10	Городищенский	1,14	44,2	277	7,6	14,2	1,9	0,30	0,2	0,75	0,04	14,5
11	Дубовский	1,87	33,5	228	7,7	14,6	2,5	0,30	0,25	0,90	0,04	24,6
12	Дубовский	1,32	40	270	7,6	15,4	2,2	0,25	0,25	0,60	0,05	13,5
13	Ленинский	1,33	48,6	318	7,6	15,9	2,5	0,35	0,22	0,90	0,04	19,5
14	Ленинский	1,16	47,1	292	7,6	16,3	2,9	0,55	0,25	0,75	0,05	19,5
15	Среднеахтубинский	1,33	41,4	254	7,6	15,8	2,6	0,45	0,25	0,75	0,09	20,5
16	Среднеахтубинский	1,25	41,4	242	7,6	15,0	2,5	0,30	0,25	0,90	0,09	10,6
17	Калачевский	1,89	19	328	7,6	17,5	4,7	0,65	0,25	0,60	0,1	26,7
18	Суровикинский	1,7	28	350	7,6	17,5	5,2	0,75	0,29	0,60	0,12	27,7
19	Фроловский	1,16	96,7	314	6,2	9,4	3,0	0,30	0,17	0,60	0,04	8,6
20	Фроловский	1,08	96,7	314	7,2	10,0	3,7	0,25	0,2	0,75	0,03	8,6
21	Городищенский	1,61	28	310	7,4	17,8	5,0	0,80	0,29	0,75	0,06	23,6

Агрохимические показатели почвенного плодородия на реперных участках в 2011 году

№	Район	Гумус, %	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг	pH	Ca ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Mg ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Na ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Co, мг/кг	Mn, мг/кг
1	Городищенский	1,33	18,0	332	7,3	41,8	8,4	0,40	0,19	0,60	0,05	21,6
2	Городищенский	1,31	12,4	307	7,4	32,6	16,4	0,55	0,23	0,61	0,06	39,1
3	Калачевский	1,10	19,0	277	7,5	29,6	9,8	0,60	0,30	0,83	0,04	29,8
4	Калачевский	1,12	131,6	820	7,6	34,0	10,1	0,90	0,20	0,89	0,04	19,8
5	Иловлинский	1,14	16,9	270	7,5	35,8	7,7	0,35	0,21	0,54	0,07	20,1
6	Иловлинский	1,73	44,2	358	7,4	36,4	7,2	0,40	0,23	0,45	0,05	21,3
7	Городищенский	1,14	18,0	224	7,3	41,0	7,5	0,50	0,17	0,42	0,07	29,2
8	Светлоярский	1,75	21,2	488	7,4	34,6	14,2	0,90	0,25	0,45	0,08	24,2
9	Светлоярский	1,47	33,5	378	7,4	34,0	8,9	0,55	0,23	0,84	0,05	15,8
10	Городищенский	2,49	65,8	283	7,7	10,2	0,6	0,40	0,59	4,09	0,06	29,8
11	Дубовский	2,13	33,5	774	7,5	17,4	3,7	0,30	0,18	1,56	0,09	37,3
12	Дубовский	1,52	21,2	110	7,3	10,7	1,4	0,30	0,08	0,76	0,04	13,9
13	Ленинский	1,37	30,1	414	7,7	21,2	11,5	1,15	0,32	1,28	0,07	50,3
14	Ленинский	1,85	25,7	340	7,6	31,7	11,7	1,40	0,31	1,19	0,05	27,0
15	Среднеахтубинский	1,85	60,0	358	7,5	32,3	8,2	0,70	0,15	0,73	0,05	39,8
16	Среднеахтубинский	1,71	95,0	190	4,8	16,5	8,1	0,35	0,16	1,17	0,07	36,3
17	Калачевский	1,53	11,2	307	5,6	32,4	12,5	0,40	0,02	0,70	0,08	27,6
18	Суровикинский	1,33	29,0	328	6,0	31,2	9,4	0,30	0,06	0,68	0,05	24,6
19	Фроловский	1,33	26,8	277	6,6	37,2	11,5	0,30	0,04	0,80	0,07	23,0
20	Фроловский	1,41	30,1	340	6,0	24,0	6,4	0,30	0,11	0,60	0,06	29,1
21	Городищенский	1,14	32,3	340	7,2	37,5	10,4	0,80	0,06	1,09	0,04	22,7

Агрохимические показатели почвенного плодородия на реперных участках в 2013 году

№	Район	Гумус, %	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг	pH	Ca++, мг*экв/ кг	Mg++, мг*экв/ кг	Na++, мг*экв/ кг	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Co, мг/кг	Mn, мг/кг
1	Городищенский	1,75	23,4	296	6,4	20,3	6,1	0,23	0,25	0,52	0,10	24,0
2	Городищенский	1,52	19,4	262	6,5	19,6	5,8	0,18	0,25	0,52	0,10	24,0
3	Калачевский	1,56	69,5	363	7,6	21,0	6,6	0,60	0,25	1,05	0,05	35,1
4	Калачевский	1,24	100,8	560	7,6	23,2	7,1	0,75	0,22	1,05	0,06	24,2
5	Иловлинский	1,75	16,4	246	7,1	25,6	5,9	0,12	0,16	0,50	0,08	16,0
6	Иловлинский	1,48	17,6	190	7,5	15,6	9,0	0,37	0,22	0,58	0,09	19,0
7	Городищенский	1,58	26,7	252	7,4	23,9	4,1	0,18	0,30	0,47	0,10	25,0
8	Светлоярский	1,25	77,8	444	7,5	24,0	9,2	0,73	0,30	1,00	0,04	25,6
9	Светлоярский	1,42	79,7	370	7,5	23,5	6,5	0,58	0,25	0,90	0,04	29,8
10	Городищенский	1,98	18,6	307	7,4	22,3	9,4	0,17	0,30	0,50	0,12	24,0
11	Дубовский	1,29	20,4	210	7,5	23,3	3,8	0,18	0,27	0,72	0,09	20,0
12	Дубовский	1,35	15,5	225	7,5	24,4	4,7	0,18	0,27	0,68	0,08	15,0
13	Ленинский	1,85	39,4	366	7,6	18,5	7,0	0,75	0,24	0,98	0,04	19,0
14	Ленинский	1,01	36,4	316	7,6	24,0	7,3	0,98	0,25	0,75	0,05	19,5
15	Среднеахтубинский	1,09	50,7	306	7,5	24,0	5,4	0,58	0,26	0,75	0,09	20,5
16	Среднеахтубинский	1,98	68,2	216	6,2	15,7	5,3	0,33	0,27	0,82	0,09	11,9
17	Калачевский	1,75	16,4	225	7,3	19,3	5,9	0,18	0,41	0,80	0,10	20,0
18	Суровикинский	1,52	21,4	307	7,2	19,2	6,1	0,20	0,20	0,75	0,12	20,0
19	Фроловский	2,51	24,4	382	7,2	20,7	7,4	0,17	0,16	0,60	0,08	10,0
20	Фроловский	1,62	17,4	246	7,3	29,6	5,1	0,17	0,16	0,62	0,07	10,0
21	Городищенский	1,54	18,4	270	7,3	19,9	6,3	0,49	0,30	0,59	0,08	23,0

Агрохимические показатели почвенного плодородия на реперных участках в 2015 году

№	Район	Гумус, %	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг	pH	Ca ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Mg ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Na ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Co, мг/кг	Mn, мг/кг
1	Городищенский	1,72	36,5	340	7,4	21,3	4,3	0,35	0,57	0,62	0,04	13,4
2	Городищенский	2,09	49,9	460	7,3	21,9	5,2	0,65	0,34	0,55	0,03	13,0
3	Калачевский	1,83	37,6	418	7,5	19,1	6,7	0,53	0,31	0,55	0,04	18,6
4	Калачевский	1,93	54,3	470	7,4	25,3	5,8	0,45	0,21	0,60	0,03	16,9
5	Иловлинский	1,74	59,9	456	7,3	20,3	3,6	0,30	0,30	0,95	0,04	13,4
6	Иловлинский	2,63	64,4	492	7,4	22,8	4,5	0,30	0,28	0,75	0,03	20,4
7	Городищенский	1,99	40,9	307	6,5	16,8	4,4	0,30	0,15	0,58	0,03	18,6
8	Светлоярский	1,96	26,5	690	7,5	21,3	6,4	0,48	0,30	0,64	0,04	20,4
9	Светлоярский	2,28	24,2	350	7,5	21,6	3,9	0,35	0,19	0,67	0,04	17,9
10	Городищенский	1,92	61,0	328	6,9	18,4	4,1	0,25	0,11	0,69	0,05	16,9
11	Дубовский	1,84	75,5	283	6,7	18,4	4,4	0,10	0,15	0,85	0,03	16,4
12	Дубовский	1,95	71,1	300	6,6	17,1	4,7	0,10	0,19	0,87	0,03	16,2
13	Ленинский	1,58	36,5	280	7,1	22,9	7,2	0,50	0,21	0,58	0,04	16,9
14	Ленинский	1,88	29,1	350	7,4	23,6	6,8	0,29	0,22	0,65	0,04	16,0
15	Среднеахтубинский	2,23	71,7	524	7,4	20,9	6,0	0,50	0,23	0,59	0,03	15,8
16	Среднеахтубинский	2,10	53,2	544	7,0	21,6	5,3	0,22	0,21	0,52	0,035	19,0
17	Калачевский	2,30	53,2	414	7,0	26,6	8,0	0,27	0,22	0,44	0,04	16,2
18	Суровикинский	1,88	46,5	362	7,3	22,5	3,8	0,15	0,24	0,50	0,04	14,1
19	Фроловский	2,95	87,8	492	7,0	21,9	5,4	0,15	0,23	0,78	0,04	14,0
20	Фроловский	2,30	71,7	390	6,7	10,9	2,4	0,13	0,15	0,65	0,04	13,4
21	Городищенский	2,04	49,9	374	6,9	20,8	6,7	0,40	0,11	0,50	0,03	12,7

Агрохимические показатели почвенного плодородия на реперных участках в 2017 году

№	Район	Гумус, %	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг	pH	Ca ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Mg ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Na ⁺⁺ , мг*экв/ кг	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Co, мг/кг	Mn, мг/кг
1	Городищенский	2,01	53,7	383	7,3	17,4	3,0	0,25	0,25	0,52	0,10	24,0
2	Городищенский	2,12	47,7	502	7,3	22,2	4,7	0,28	0,25	0,52	0,10	24,0
3	Калачевский	1,91	33,8	425	6,9	13,6	10,8	0,42	0,25	1,05	0,05	35,1
4	Калачевский	2,09	37,1	456	7,3	22,5	5,0	0,28	0,22	1,05	0,06	24,2
5	Иловлинский	1,98	16,5	180	6,5	10,2	3,9	0,25	0,16	0,50	0,08	16,0
6	Иловлинский	2,07	21,5	314	7,4	19,8	5,3	0,28	0,22	0,58	0,09	19,0
7	Городищенский	2,45	34,1	400	7,3	20,6	6,0	0,22	0,15	0,57	0,03	18,6
8	Светлоярский	2,54	35,5	592	7,4	18,1	5,2	0,25	0,31	0,62	0,04	21,4
9	Светлоярский	2,70	55,8	800	7,4	17,5	3,1	0,25	0,21	0,62	0,04	19,9
10	Городищенский	2,75	42,0	705	7,5	17,5	4,3	0,25	0,13	0,65	0,05	18,4
11	Дубовский	2,39	43,0	510	7,0	21,7	5,0	0,25	0,14	0,79	0,03	17,4
12	Дубовский	2,54	39,7	499	7,0	20,9	6,2	0,25	0,18	0,84	0,03	15,2
13	Ленинский	2,22	39,8	440	7,1	25,4	7,1	0,35	0,29	0,61	0,04	15,9
14	Ленинский	2,26	30,4	425	6,5	16,8	7,8	0,44	0,25	0,62	0,04	16,0
15	Среднеахтубинский	1,88	46,6	452	7,4	16,3	2,9	0,23	0,26	0,55	0,03	15,7
16	Среднеахтубинский	1,98	31,2	470	7,0	18,3	8,8	0,32	0,22	0,49	0,035	18,0
17	Калачевский	2,28	30,1	488	5,9	14,6	9,4	0,31	0,24	0,46	0,04	14,2
18	Суровикинский	2,33	25,4	498	6,1	16,8	5,7	0,25	0,26	0,53	0,04	14,9
19	Фроловский	2,58	26,0	614	7,2	18,3	5,7	0,25	0,25	0,79	0,04	15,0
20	Фроловский	2,12	41,6	400	6,7	18,3	7,6	0,51	0,18	0,68	0,04	14,4
21	Городищенский	2,03	31,5	350	7,4	20,2	8,3	0,55	0,13	0,53	0,03	12,7

Приложение 15

Содержание тяжелых металлов в растительной продукции (озимая пшеница) на реперных участках, в среднем за 2000-2017 гг.

№	Район	Zn, мг/кг	Cd, мг/кг	Pb, мг/кг	Cu, мг/кг	As, мг/кг
1	Городищенский	20,88	0,02	0,09	4,97	0,03
4	Калачевский	23,22	0,04	0,15	4,41	0,03
5	Иловлинский	20,61	0,02	0,16	4,84	0,03
6	Иловлинский	23,80	0,02	0,08	4,23	0,03
7	Городищенский	17,27	0,01	0,04	2,90	0,03
8	Светлоярский	23,40	0,06	0,40	4,84	0,03
9	Светлоярский	21,71	0,02	0,12	5,30	0,03
15	Среднеахтубинский	19,18	0,01	0,11	4,03	0,03
17	Калачевский	25,88	0,06	0,11	4,57	0,03
18	Суровикинский	22,33	0,03	0,12	6,03	0,03
19	Фроловский	25,20	0,02	0,13	4,20	0,03
21	Городищенский	22,44	0,02	0,08	4,55	0,03

Приложение 16

Содержание тяжелых металлов в растительной продукции (разнотравье) на реперных участках, в среднем за 2000-2017 гг.

№	Район	Zn, мг/кг	Cd, мг/кг	Pb, мг/кг	Cu, мг/кг	As, мг/кг
3	Калачевский	17,60	0,16	0,51	5,25	0,02
7	Городищенский	12,65	0,10	0,19	3,64	0,02
11	Дубовский	29,03	0,18	0,34	7,34	0,02
12	Дубовский	15,05	0,11	0,58	4,74	0,02
13	Ленинский	13,32	0,05	0,19	3,15	0,02
14	Ленинский	15,77	0,21	0,22	4,23	0,03
15	Среднеахтубинский	25,45	0,18	1,09	6,28	0,02
16	Среднеахтубинский	17,03	0,07	0,39	3,16	0,03
17	Калачевский	22,40	0,05	0,68	4,29	0,02
19	Фроловский	14,59	0,05	0,14	4,74	0,03