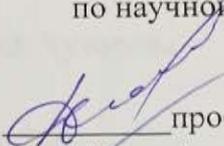


МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВУ

УДК
№ госрегистрации
Инв.№

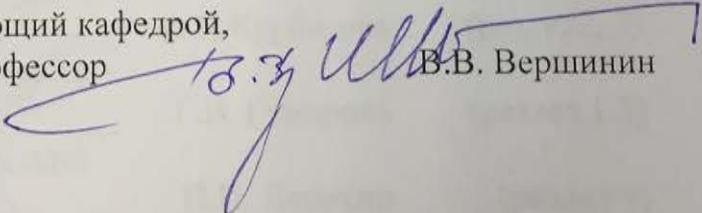
УТВЕРЖДАЮ

Проректор университета
по научной и инновационной
деятельности


проф. Д.А. Шаповалов
« _____ » _____ 2017 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНОЙ И ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
кафедры почвоведения, экологии и природопользования в 2017 году
в соответствии с тематическим планом научных исследований на тему:

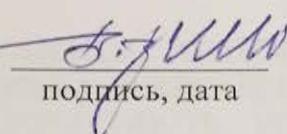
**РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ РЕШЕНИЯ
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ АГРОЛАНДШАФТОВ
В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Научный руководитель, заведующий кафедрой,
доктор экономических наук, профессор  В.В. Вершинин

Москва 2017

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ:

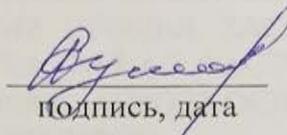
Руководитель темы
доктор экономиче-
ских наук, профессор


подпись, дата

В.В. Вершинин (разделы 1,4)

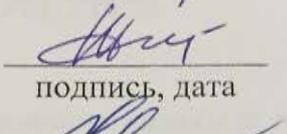
Исполнители темы:

кандидат географиче-
ских наук, доцент


подпись, дата

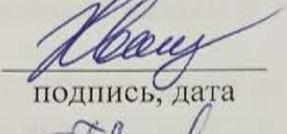
А.О. Хуторова (разделы 2,3)

доктор географиче-
ских наук, профессор


подпись, дата

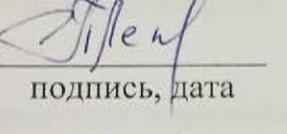
В.А. Широкова (разделы 1,2)

Кандидат биологи-
ческих наук, доцент


подпись, дата

Н.А. Хватыш (разделы 1)

кандидат экономи-
ческих наук, доцент


подпись, дата

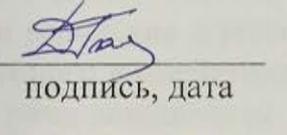
П.А. Лепехин (раздел 1,4)

кандидат географиче-
ских наук, доцент


подпись, дата

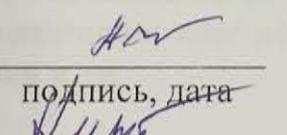
Т.А. Соколова (раздел 3)

доктор технических
наук, профессор


подпись, дата

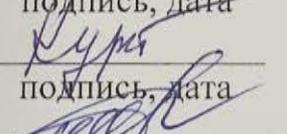
Д.П. Гостищев (раздел 3)

кандидат географиче-
ских наук, доцент


подпись, дата

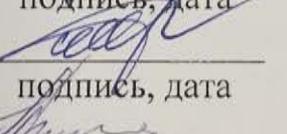
А.Ф. Гуров (раздел 2,4)

аспирант


подпись, дата

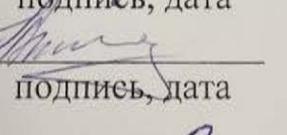
А.Н. Курбатова (раздел 2, 3)

аспирант


подпись, дата

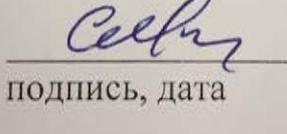
Г.В. Гумерова (раздел 1.3)

аспирант


подпись, дата

П.П. Лепехин (раздел 4)

Нормоконтролер


подпись, дата

Т.А. Соколова

РЕФЕРАТ

Отчет включает 97 страниц, 24 рисунков, 23 таблицы, 48 источников литературы

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА, АНТРОПОГЕННЫЕ НАГРУЗКИ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ЗОНЫ РЕКРЕАЦИИ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, ГЕОЭКОЛОГИЯ, БЕЗОПАСНОСТЬ, УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ, ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, ЗАПОВЕДНИК, БИОРАЗНООБРАЗИЕ, ГИДРОХИМИЯ, КЛАССИФИКАЦИИ ВОДЫ, МУТАЦИИ, КАНЦЕРОГЕНЫ, КСЕНОБИОТИКИ, ГОМЕОСТАЗ, ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ, МЕЛИОРИРУЕМЫЕ ЗЕМЛИ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ УГОДЬЯ, ЗАСОЛЕНИЕ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ, ПОЧВА, ЭРОЗИЯ, БОЛОТА, АРЕАЛ РАСТЕНИЙ, РЕКРЕАЦИЯ, ТУРИЗМ, РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ, АГРОЭКОСИСТЕМЫ, АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ.

Объектом исследования являются геоэкологические проблемы агроландшафтов

Цель работы – разработка предложений и рекомендаций по решению геоэкологических проблем агроландшафтов

В промежуточном отчете отражены результаты исследований, выполненные в 2017 году сотрудниками, аспирантами и студентами кафедры почвоведения, экологии и природопользования. Научные исследования сотрудников кафедры осуществлялись с целью исследования геоэкологических проблем техногенных, природных и городских агроландшафтов и путей их решения в условиях активного техногенного воздействия. Решались следующие задачи: экологическая безопасность почв ландшафтов и агроландшафтов под влиянием техногенных процессов; мониторинговые исследования техногенного воздействия на природные территории и др.

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	5
ОПРЕДЕЛЕНИЯ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1 ПРИРОДНО-СОЦИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ КАК ОБЪЕКТ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	10
1.1 Уровни ландшафтно-экологического районирования и типизация агроландшафтов	10
1.2 Формирование и функционирование экологически устойчивых и высокопродуктивных агроландшафтов	12
1.3 Современные методики оценки устойчивости агроландшафтов	17
ГЛАВА 2 ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	26
2.1 Современная структура и трансформация ландшафтов урбанизированных территорий	26
2.2 Тяжелые металлы в городских почвах и их влияние на трансформацию почвенно-геохимической структуры	30
2.3 Аккумуляция тяжелых металлов городскими растениями	36
2.4 Мониторинг уровня загрязнений в почвенных горизонтах урбанизированных ландшафтах	39
ГЛАВА 3 КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ	54
3.1. Методика оценки негативных природных и антропогенных нагрузок на агроландшафты	54
3.2. Методика оценки экологической устойчивости агроландшафта	59
3.3. Зонирование агроландшафтов Воронежской области	64
ГЛАВА 4 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА И КАДАСТРОВ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ	81
4.1 Актуализация информационного обеспечения мониторинга земель объектов нефтегазового комплекса	81
4.2 Формирование информационной системы мониторинга за состоянием недропользования	82
4.3 Информационный специализированный Центр мониторинга земель нефтегазовых комплексов на примере Сахалинской области	88
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	94

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем отчете использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.105—95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам

ГОСТ 2.111—68 Единая система конструкторской документации. Нормоконтроль.

ГОСТ 6.38—90 Унифицированные системы документации. Система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов

ГОСТ 7.1—84 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления

ГОСТ 7.9—95 (ИСО 214—76) Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования

ГОСТ 7.12—93 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила

ГОСТ 7.54—88 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Представление численных данных о свойствах веществ и материалов в научно-технических документах. Общие требования

ГОСТ 8.417—81 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы физических величин

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем отчете применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Консолидация земель сельскохозяйственного назначения - объединение, слияние земель, в землеустройстве это мероприятие по ликвидации многополосицы, уничтожение чересполосицы, узкополосицы и дальнотемелья, которые осуществлялись в различные исторические этапы как в России, так и за рубежом, в целях ликвидации недостатков землевладения и сведения большого числа мелких участков, принадлежащих отдельным землевладельцам, в крупные участки, расположенные в одном месте.

Мониторинг—непрерывный процесс наблюдения и регистрации параметров объекта, в сравнении с заданными критериями.

Промышленно - урбанизированная территория - городские территории, на которых располагаются предприятия теплоэнергетики, металлургии, нефтехимии и др., а также предприятия жилищно-коммунального хозяйства.

ВВЕДЕНИЕ

Экологическая устойчивость, как способность экологической системы сохранять свою структуру и функции в процессе воздействия внутренних и внешних факторов, является необходимым условием для успешного развития любого государства или региона. Наряду с экономической эффективностью и социальным равенством, экологическая устойчивость является составляющей понятия «устойчивого развития», сформулированного Конференцией ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г.

Разработанные учеными модели устойчивого развития Российской Федерации и её регионов диктуют цели повышения уровня экологической безопасности, улучшения качества окружающей среды, обеспечения рационального природопользования. Однако в связи с интенсивной антропогенной деятельностью наблюдается широкомасштабное развитие деградационных процессов на землях сельскохозяйственного назначения и в пределах агроландшафтов, приводящих к широкому ряду негативных явлений, снижающих продуктивность сельскохозяйственных земель и ослабляющих экологическую устойчивость агроландшафтов, что усугубляется происходящими природно-климатическими изменениями.

Отмеченные факты требуют проведения работ по отслеживанию негативных процессов, оценке и прогнозированию экологической устойчивости агроландшафтов, организации управления и осуществления комплексных мероприятий для достижения рационального природопользования и экологической безопасности в рамках стратегии устойчивого развития региона.

В целях предупреждения развития процессов опустынивания и повышения продуктивности сельхозугодий необходима реализация комплекса мелиоративных мероприятий, включающих прежде всего противоэрозионные мероприятия, состоящие из организационно-хозяйственных, противоэрозионных, агромелиоративных, лесомелиоративных и гидромелиоративных мероприятий.

Для предотвращения развития эрозионных процессов необходимо разработка и выполнение комплексного планирования противоэрозионных мероприятий. Исследование геоэкологических проблем ландшафтов и путей их решения в условиях активного техногенного воздействия должно базироваться на рациональном природопользовании с учетом особенностей экологической безопасности, ресурсосбережения (или экономического оптимума) и надёжного обеспечения растущего спроса на сельскохозяйственную продукцию. В этой связи актуальной задачей современности является практическое внедрение систем адаптивного ландшафтного земледелия и растениеводства, землеустройства и комплексных мелиораций и др. Рациональные способы реализации адаптивно-ландшафтных систем указанных направлений, безусловно, предполагают необходимым объективную оценку всех природных факторов агрогеосистем (почвенных, гидрологических, агроклиматических и др.).

В ситуации перманентной деградации хозяйственно ценных земель и земель экологического фонда особое значение имеет разработка подходов,

направленных на возвращение нарушенных геосистем в режим естественного функционирования, которое будет сопровождаться снижением дисбаланса вещественно- энергетического обмена и отрицательного воздействия на прилегающие природные и природно-антропогенные геокомплексы. В мировой практике экологической реабилитации антропогенно нарушенных геосистем наметился новый подход, связанный с максимальным использованием регенерационных возможностей природных экосистем для воспроизводства ресурсных и других экологических функций (услуг) нарушенных ландшафтов - их экологическая реставрация, возвращение в естественное состояние, ренатурирование (Bradshaw, 1996; Allen, 2003; Zerbe, Wiegleb, 2009). Этот процесс может протекать без участия человека, но для управления им необходимо иметь фундаментальное представление о механизмах, факторах и траекториях процессов естественного ресурсовоспроизводства.

Антропогенное воздействие на природные геосистемы приводит к возрастанию хаоса, но именно этот акт запускает в них процессы саморегуляции (самовосстановления с использованием механизма отрицательных обратных связей) или самоорганизации (формирование новой структуры в дезинтегрированной среде путем случайного выбора неслучайных состояний) (Арманд, 1988). Реализация того или иного сценария зависит от параметров нарушающего воздействия (управляющих параметров), среди которых наиболее существенны в отношении вызываемых последствий: количественные (интенсивность, пространственные масштабы воздействия) и временные (Акимова, Хаскин, 1994). В ГОСТ 17.8.1.02-88 определен еще один важный критерий антропогенных воздействий - их направленность: привнесение вещества и энергии в природу; изъятие вещества и энергии из природы; перераспределение и (или) трансформация вещества и энергии в природе. Последствия антропогенных изменений принято разделять на обратимые и необратимые. Однако любые флуктуации происходят на фоне эволюционного развития геосистем, поэтому полностью обратимых изменений быть не может (Реймерс, 1990). Кроме того, необратимость изменений следует считать необходимым условием самоорганизации (Пригожин, 1999).

По мнению А.Г. Исаченко (1991), возможности управления природными процессами довольно ограниченные и предполагают, прежде всего, воздействие через растительность, сток и «химизацию». Эти воздействия, в целом, представляются как мелиоративные, соответствуют их классификации (Дьяконов, Аношко, 1995). В большинстве случаев они направлены на достижение «антропоцентричных» свойств геосистем, которое приводит к нарушению исторически сложившегося в них естественного вещественно-энергетического баланса.

Возрастающие нагрузки на ландшафты неизбежно приводят к полифункциональному использованию их территорий, что требует применения рациональной и эффективной системы природопользования. Исходя из задач и потребностей практики геоэкологически ориентированном территориальном планировании, метод полифункциональной оценки представляется тем способом

оценки, который позволяет определить оптимальный вариант развития территории исходя из общественных запросов, природно-ресурсного потенциала и экологической емкости территории.

Геоэкологическая модель оценки природно-антропогенных геосистем включает систему методических подходов к анализу и оценке природных геоконплексов, а также сложившихся и возможных геоэкологически безопасных и экономически эффективных направлений их хозяйственного использования. Результаты такой оценки должны отражаться в построении геоэкологической картографической модели, содержащей карту природных ландшафтов и их хозяйственных модификаций, сложившихся геоэкологических ситуаций, с учетом характера антропогенного воздействия, выраженности неблагоприятных природно-антропогенных процессов и природоохранных мероприятий в границах, выделенных геоконплексов.

Оценка сложившихся геоэкологических ситуаций территории проводилась по нескольким основным направлениям в различных регионах. Была проанализирована сложившаяся структура землепользования природных ландшафтов и выявлены виды их хозяйственных модификаций, а также определена их естественная землепригодность путем изучения характерных типов земель ландшафтов ранга вида. Это позволило определить соотношение между сложившейся и расчетной, соответствующей природно-ресурсному потенциалу, структурой земель в ландшафтах, на основании чего были определены фоновые геоэкологические ситуации в регионах. Еще одно направление исследования состояло в оценке локальных источников воздействий - хозяйственных дворов, ферм, мастерских, влияние которых рассматривалось, в первую очередь, на водные объекты, что явилось основой для определения локальных напряженных геоэкологических ситуаций.

В нижеследующих главах рассмотрены геоэкологические ситуации, сложившиеся в исследуемых регионах, которые доказывают то, что теоретические и методологические основы, логическая структура геоэкологии пока разработаны недостаточно, и нуждаются в дальнейшем развитии на базе общефилософских представлений, методологии системного анализа, географических и экологических законов, правил и принципов, что в итоге обеспечит решение проблемы сознательного управления взаимодействием общества и природы.

ГЛАВА 1 ПРИРОДНО-СОЦИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ КАК ОБЪЕКТ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Уровни ландшафтно-экологического районирования и типизация агроландшафтов

В своих работах В.В. Вольнов и А.С. Давыдов рассматривают иерархическую пространственную организацию агроландшафтных систем и выделяют следующие уровни: локальный (агроландшафтный контур), массив, местность, район, округ.

Агроландшафтный контур является элементарной частью агроэкосистемы, примерно однородной по технологии использования природного ресурса. Совокупность локальных контуров, имеющих схожее строение и функционирование, образующих единую технологическую систему в пределах урочища, формирует агроландшафтный массив. Агроландшафтная местность может быть представлена как сочетание массивов в пределах функциональной целостной системы предприятий с единым центром управления. Сочетание близких агроландшафтных местностей, образующих территориальное единство с выраженным однотипным подходом к оптимизации природопользования, составляет агроландшафтный район. Агроландшафтный округ – смежная группа районов, формирующая территориальное единство по характеру почвенно-климатических условий возделывания сельскохозяйственной растениеводческой и животноводческой продукции. Как правило, это природно-сельскохозяйственная зона или микрizona.

Согласно определению, данному М.И. Лопыревым, агроландшафт представляет собой земельный массив, состоящий из комплекса взаимосвязанных природных компонентов, элементов системы земледелия и организации территории, с относительно автономной совокупностью водного, теплового и других режимов, с признаками общей (единой) экологической системы.

Для расширения этого понятия, а также для восприятия окружающей агросреды в целом, употребляется термин «агроландшафтная экосистема» или «агроэкосистема», в котором подчеркивается функциональная связь между как живыми, так и неживыми компонентами ландшафта. В рамках агроландшафтной экосистемы выделяются блоки:

- природные компоненты, разделяющиеся на метеорологические и территориальные;
- агротехнические компоненты;
- экономические компоненты.

В оптимальном соотношении природных компонентов и элементов системы земледелия, а также правильной организации территории агроландшафт должен обеспечивать:

- полное и эффективное использование почв в соответствии с их природными свойствами;

- производство качественной продукции растениеводства при полном воспроизводстве плодородия;
- прекращение эрозионных и других деградационных процессов почв и ландшафтов;
- эффективное применение удобрений и мелиорантов;
- высокопроизводительное использование машин, орудий и агрегатов.

Оптимизация структуры агроландшафта, адаптация земледелия к местным природным условиям – один из важнейших факторов современного развития сельскохозяйственного производства. Однако идеи адаптации сельскохозяйственного ландшафта содержались еще в работах В.В. Докучаева. Учение о природных зонах, в основе которого лежала необходимость исследований целостных природных систем, положило начало науки о ландшафтах. В основу систем ведения сельского хозяйства данного учения легла оптимизация структуры агроландшафтов.

Наиболее полное использование научного потенциала и обобщение практического опыта, в части адаптации к природно-климатическим условиям в предыдущие годы, было достигнуто при составлении и освоении зональных систем земледелия практически во всех субъектах Российской Федерации.

Начало этих работ связано с такими учеными как Т.С. Мальцев, А.И. Бараев.

Следует отметить тот факт, что разработка зональных систем происходила в условиях жесткого государственного заказа на сельскохозяйственную продукцию и строгого контроля структуры угодий, что послужило значительным сдерживающим фактором экологизации агроландшафта. Аграрная реформа и переход к новым формам хозяйствования, выявили также и другие недостатки зональных систем земледелия:

- не разработанность применительно к разным уровням производственного потенциала и формам организации труда;
- безальтернативность;
- недостаточность социально-экономической и рыночной мотивации;
- слабая интегрированность.

В связи с этим, немаловажным является совершенствование ландшафтного анализа территории, углубление дифференциации и типизации агроландшафтов, причем классификация агроландшафтных систем должна учитывать не только природные свойства территории, но и особенности современного земледелия и землепользования.

Типизация агроландшафтов - это упорядочение объектов в группы, согласно степени выраженности, какого-либо одного свойства (признака) объектов. Такую классификацию необходимо выполнять по наиболее ведущему компоненту ландшафта, который в большей степени предопределяет природный баланс (экологическое равновесие в конкретной зоне).

Вопрос размера и разграничения агроландшафтов обсуждаемый на протяжении десятков лет до сих пор остается спорным. Большинство классификаций антропогенно-измененных сельскохозяйственных ландшафтов основаны на типизации природных ландшафтов, то есть принимаемой существенной зависи-

мости хозяйственной составляющей от природных компонентов среды. Границами в таком случае выступают природные рубежи (русла рек, лощины, овраги), либо почвенные ареалы. Примером может считаться районирование и типизация агроландшафтов В.А. Баранова, Г.П. Дзюина, Л.С. Трофимовой и др.. Основой для типизации являются природные условия, физико-географическое и другое районирование. Наиболее выделяющимся направлением в настоящее время является ландшафтно-бассейновый подход получивший распространение в различных сферах ландшафтно-географического исследования, территориальном землеустройстве и управлении природопользованием.

М.И. Лопыревым предложено проводить типизацию агроландшафтов на основе ландшафтно-водосборного подхода с применением ранее проведённой классификации земель по эродированности и интенсивности их использования.

Типизация на основе однородных территорий по условиям возделывания сельскохозяйственных культур, прежде всего для нужд адаптивно-ландшафтных систем земледелия, была разработана В.И. Кирюшиным.

Оценка земель, в таком случае, производится по отношению к участку, ограниченному почвенной структурой и одинаковыми условиями геологии и литологии, в соответствии с требованиями сельскохозяйственных культур.

Большинство современных ландшафтов, в той или иной степени, подвержено антропогенному изменению. В ландшафте, при воздействии на него человека, наблюдается изменение процессов почвообразования, нарушение водного и теплового балансов, перестройка видового, биологического и геохимического круговоротов. Все вышеперечисленные факторы уменьшают продуктивность и экологическую устойчивость аграрных ландшафтов в сравнении с естественными. Общей целью современной агроландшафтной науки является их защита и предупреждение нежелательных изменений, т.е. обеспечение сбалансированной устойчивости агроландшафта и в целом экосистем.

1.2 Формирование и функционирование экологически устойчивых и высокопродуктивных агроландшафтов.

В результате своей деятельности человек, так или иначе, воздействует на ландшафт. Мерой количественного антропогенно-техногенного воздействия является нагрузка. Для природной составляющей ландшафта нагрузкой будет являться любое воздействие прямо или косвенно влияющее на геосистему. Первоосновой воздействия, как правило, является изменение баланса вещества и энергии, связанное с их изъятием или привнесением в среду. Ученые и исследователи сходятся во мнении, что ряд современных проблем деградации почв, таких как высокая степень эрозионных процессов, дегумификация, засоление, опустынивание, вызваны интенсивностью антропогенной нагрузки.

Существуют различные точки зрения определения экологической устойчивости агроландшафтов. По мнению профессора М.И. Лопырева, экологически устойчивым можно считать агроландшафт, который сохраняет высокую продуктивность при интенсивном использовании в системе земледелия. Кирюшин

В.И. рассматривает устойчивость агроландшафта как способность поддерживать заданные производительные и социальные функции при сохранении биосферных, при этом выделяют такие виды устойчивости, как экологическая, экономическая (социально-экономическая) и агрономическая

Более подробно экологическая устойчивость агроландшафтов реализуется через режимы органического вещества, состояние почвы и её биологическую активность, реакцию среды, состояние агроценозов, биоценозов и др., и в свою очередь подразделяется на:

- физическую (устойчивость литосновы, противозерозионная устойчивость);
- биологическую (восстановительные и защитные функции растительности, устойчивость против вредных организмов);
- геохимическую (способность к самоочищению от продуктов загрязнения и снижению их токсичности, буферность, противостояние засолению).

В проводимых исследованиях экологическая устойчивость рассматривалась, как способность экологической системы сохранять свою структуру и функции в процессе воздействия внутренних и внешних факторов.

Среди мировых государств, по уровню деградации земель наша страна находится на третьем месте в мире (6,87% площади, 1 153 210 кв. км), уступая только Китаю (30,55% площади, 2 862 011 кв. км) и Бразилии (15,97% площади, 1 367 276 кв. км) [97]. По данным Департамента мелиорации Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, из имеющихся в настоящее время в России 220,6 млн га сельскохозяйственных угодий (в т. ч. 121,5 млн га пашни) около 190 млн га (85%) подвержены различным процессам деградации: водной и ветровой эрозии - 65 млн га, переувлажнению и заболачиванию - 23 млн га, засолению и с солонцовыми комплексами - 38 млн га, зарастанию кустарником и мелколесьем - 16 млн га. Помимо этого, в нашей стране, на каменистые почвы приходится 12 млн га, на кислые почвы - 34 млн га, на опустыненные в сильной степени почвы - 10 млн га.

Экономические потери, вызванные деградацией почв, проявляются не только косвенно, через снижение плодородия, но и прямо, за счет уменьшения кадастровой стоимости. По данным профессора В.Н. Хлыстуна, за 11 последних лет кадастровая стоимость земли в Российской Федерации снизилась на 30% .

Согласно исследованиям Всероссийского научно-исследовательского института земледелия и защиты почв от эрозии современное состояние биосферы относительно обратимо. Достижение её устойчивого состояния видится авторами только в уменьшении антропогенной нагрузки.

В современных условиях кризиса и направленности государства на самостоятельное бесперебойное снабжение населения продовольствием и промышленным сырьем, перед агропроизводителями стоят задачи повышения научного обеспечения, технической оснащенности, удержания темпов роста культуры земледелия, устойчивости и стабильности сельскохозяйственного производства. Мнения ведущих современных ученых сходятся в важности формирова-

ния политики модернизации систем земледелия, перевода их на более высокий уровень информационно-технологического сервиса, и развития теоретических и методических основ создания экологически сбалансированных агроландшафтов с учетом их устойчивости к внешним воздействиям, ресурсного потенциала, разработки системы нормирования антропогенной нагрузки для сохранения природных экосистем.

В 1987 году была выдвинута концепция агроландшафта, которая предлагала рассматривать ландшафт, вовлеченный в сельскохозяйственное производство, как принципиально новое образование. Автор концепции В.А. Николаев рассматривал агроландшафт, как целостную, внутренне неоднородную природно-сельскохозяйственную экосистему, включающую как обрабатываемые земли, так и угодья иного функционального профиля.

Следует отметить, что наметившийся в 80-90 годы XX века вектор развития сельского хозяйства, основанный на учете ландшафтно-экологической неоднородности и конкретных природных условий территориального комплекса, сохранения экологической устойчивости агроландшафтов и бережного использования ресурсов, не был реализован, в связи с проведением в России с конца 90-х годов земельной и рыночной реформы.

Многочисленные изменения форм собственности на земли сельскохозяйственного назначения и как следствие характера хозяйствования, вызванные земельной реформой, в том числе образование большого количества невостробованных долей и невыполнение собственниками обязательств по охране земель, привело к распространению явления их зарастания и захламления. Несмотря на кажущийся положительный эффект приостановки аграрного производства, действительным результатом зарастания залежных почв кустарниковой и древесной растительностью является усиление подзолистого процесса и снижению большинства показателей плодородия.

Возникшая ситуация, экономические и социальные трудности вывели на первый план реорганизацию сельскохозяйственных предприятий, регистрацию, оформление и передел земель, в ущерб организации агроландшафтов, повышения плодородия почв и воспроизводства ценных земельных ресурсов. Ставка реформирования на повышение культуры пользования земельными ресурсами через институты частной собственности и аренды не была оправдана. Сегодня вопрос о государственном контроле, финансировании и поддержке землеустроительных работ вновь актуален.

В настоящее время, для Воронежской, Белгородской, Волгоградской областей и Ставропольского края, приоритетным является разработка и усовершенствование эколого-ландшафтного подхода к разработке систем земледелия и землепользования, базирующихся на установлении и сохранении экологической устойчивости агроландшафтов. В этих регионах существует ряд производственных экспериментов, свидетельствующих о высокой степени эффективности воссоздания сбалансированной экологически устойчивой агроландшафтной экосистемы.

Перевод сельскохозяйственного производства на эколого-ландшафтную основу, базирующуюся на установлении средостабилизирующей устойчивости агроландшафта, в эталонных хозяйствах различных областей дал результат роста плодородия почв, улучшения общей экологической обстановки, сопровождаемый значительным увеличением урожайности растений и продуктивности животных, при улучшении качества продукции.

Достигнутая путем научно выверенного изменения структуры угодий, дифференцированного использования пашни, экологическая устойчивость на площади 10000 га дала эффект не только увеличения урожайности (на 40% выше, чем в среднем по району при невысоком качестве земель), но и позволила пройти критические условия засушливых лет с меньшим ущербом для производителя.

В статье, посвященной мировым экологическим проблемам и управлению агроландшафтами, И.А. Трофимов и В.М. Косолапов выделяют систему мер направленных на создание экологически устойчивой структуры агроландшафтов и обеспечение их нормального функционирования, реализация приведенных мер, в своем большинстве отработана землеустроительной наукой, и имеет возможность реализации на агроландшафтах страны. Основной причиной, сдерживающей активное применение разработок эколого-ландшафтного устройства сельских территорий, является неблагоприятная социально-экономическая обстановка. По данным, приведенным в книге «Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России», государственная поддержка АПК сократилась в 1,9 раз, в 2,7 раз уменьшен объем инвестиций, зарплата на селе не превышает 55% средней по промышленности. Существенное сокращение финансирования коснулось и землеустроительных мероприятий.

Переход на экологически устойчивую модель хозяйствования несет некоторые риски, дает экономический эффект и окупается, как правило, спустя несколько лет (в среднем прибыль можно получить через 5-10 лет). В такой ситуации хозяйствующий субъект, не обеспеченный поддержкой государственных либо муниципальных структур, не имеет возможности обеспечить проведения необходимого комплекса природоохранных мероприятий.

Немаловажным, по мнению ученых, является закрепление за государством контролирующих функций, помимо обеспечения условий для природоохранной деятельности землепользователя юридическими, экономическими и другими средствами.

По данным государственного источника «ГосСми.ру», на примере Ростовской области, не смотря на предписывающее законодательство и наличие штрафных санкций «... последние десятилетия разработка проектов внутрихозяйственного землеустройства практически не проводилась. У сельскохозяйственных товаропроизводителей отсутствует землеустроительная документация, в том числе проекты внутрихозяйственного землеустройства, проекты улучшения сельскохозяйственных угодий, защиты земель от эрозии и других негативных процессов. Это неблагоприятно влияет на результаты сельскохо-

зяйственной деятельности и свидетельствует об отсутствии контроля за соблюдением земельного законодательства по указанному направлению». Похожая ситуация прослеживается во многих аграрных регионах, в том числе в Воронежской области.

Ограниченность земельных ресурсов высокого качества существует наряду с проблемой вовлечения в сельскохозяйственное производство невостребованных земельных долей. Подобные проблемы агроландшафтного управления решаемы лишь экономическими и правовыми инструментами.

Параллельно с исследованиями по обеспечению экологической устойчивости отечественными и зарубежными исследователями ведутся работы в области оценки и мониторинга земельных ресурсов и происходящих с ними процессов, внедрения в аграрное производство инновационных достижений науки и техники.

Так, например, В.В. Алакоз видит достижение большего экономического эффекта наряду с повышением воспроизводства почвенного плодородия, и улучшением экологической чистоты продукции сельского хозяйства, в использовании точного земледелия. Такое разумное (точное) земледелие является базовым элементом применения ресурсосберегающих и энергосберегающих технологий, и создает возможность для управления продуктивностью сельскохозяйственных угодий с учетом неоднородности агроклиматических параметров внутри поля.

Каркасом для воссоздания экологической устойчивости, как и систем точного земледелия, является адаптивно-ландшафтное землеустройство. Что предполагает их высокую взаимосвязь между собой и с устройством территории как основой точного (координатного) земледелия.

Кооперирование обширных пластов знаний, и совместное использование широкого спектра данных, выполнение сложных расчетов и коммуникация исследовательской деятельности возможна, по нашему мнению, только на основе информационных систем и технологий.

Разработка и широкое практическое применение компьютерных технологий в решения задач проектирования, организации, управления агроландшафтов, а также их информационное обеспечение является в современных условиях одной из приоритетных проблем землеустроительной науки и совершенствования технологии работ.

Наиболее сложным при детальной проработке проекта является устройство орошаемого или эродированного агроландшафта. Информационное обеспечение таких работ в разы выше, чем устройство богарных или плакорных земель. Нарботка информационного поля возможна при осуществлении мониторинговых и оценочных кадастровых работ.

Мониторинг является средством контроля изменений, происходящих в агроландшафте. Он включает систему специальных наблюдений, организованную во времени и пространстве, позволяющую производить оценку и прогноз возможных изменений с целью выработки технологических решений, обеспечива-

ющих экологическую безопасность и экономическую эффективность сельскохозяйственного производства .

Понятие экосистемного мониторинга обобщил Б.В. Виноградов, рассматривая его как «систему наблюдения за состоянием экосистем, регистрации их современной структуры, контроля их динамики, главным образом антропогенной, прогноза их изменений и, наконец, управления и оптимизации».

Возможно выделение более специального вида мониторинга, - агроэкологического. Агроэкологический мониторинг призван, формировать открытую многоцелевую информационно-справочную систему, предназначенную для решения прикладных и управленческих задач в области экологии и рационального землепользования.

Непрерывность мониторинговых и оценочных мероприятий обозначены изначально задачей обеспечения информационной базы при достижении экологической устойчивости агроландшафта, затем контролем, конечной целью которого является корректировка мер по смягчению (снижению) воздействия при изменившихся внешних или внутренних условиях.

Понятие «мониторинг» морфологически построено на базе латинского корня «monitor» - напоминающий, предостерегающий. Мониторинг, как механизм сбора данных, является первой ступенью (базисом) оценки, которая, в свою очередь, имеет цель и дает возможность проникнуть в сущность происходящего явления.

1.3 Современные методики оценки устойчивости агроландшафтов

Для каждого агроландшафта, в зависимости от тех или иных компонентов, входящих в его состав и их свойств, может быть определен такой уровень нагрузки хозяйственного производства, при котором достигается высокая продуктивность агроценозов, и не нарушается динамическое равновесие (баланс) в агроландшафтах. Следовательно, устойчивое и стабильное развитие экосистем и агроландшафтов возможно только при условии нахождения в них экологически целесообразного и экономически оптимального уровня интенсивности производства на основе соответствующих параметров и критериев.

Несмотря на системное исследование агроландшафтов и проявление интереса к этому вопросу, проблемным и малоизученным остается компонент устойчивости агроландшафта.

При определении устойчивости агроландшафтов используют три основные характеристики:

1. способность сохранять свои свойства в течение определенного промежутка времени при внешних воздействиях;
2. способность сохранять внутренние связи при переходе из одного состояния в другое;
3. способность к самовосстановлению после прекращения воздействия.

Нецелесообразность рассмотрения третьей характеристики, как ключевой, объясняется особенностью функционирования агроландшафтов, которая пред-

полагает обязательное внешнее воздействие. Однако мы считаем, что данная характеристика может быть использована в оценке устойчивости к специфическим неблагоприятным природным факторам, таким как засуха.

Сохранение внутренних связей, их модификация или формирование является оптимизацией агроландшафта, т.е. процессом антропогенно-заданным. Переход такой геосистемы, находящейся в аграрном производстве, в новое состояние возможен только при изменении взаимосвязей её компонентов, и как следствие потери ранее имеющихся свойств, становлении нового режима. Уровень функционирования агроландшафта в таком случае может перейти на более качественную ступень, либо деградировать.

Применение второго критерия, по нашему мнению, возможно при оценке отдельно социально-экономической либо экологической компоненты агроландшафта, но использование данного подхода при рассмотрении цельной системы является спорным. Поэтому, при изучении и оценке устойчивости аграрного ландшафта предпочтительнее использовать понятие устойчивости, как способность сохранять динамическое равновесие, основные свойства и взаимосвязи при внешнем воздействии в течение некоторого времени.

Устойчивость агроландшафта в каждом конкретном регионе предопределяется ведущим компонентом, фактором, который в наибольшей степени оказывает влияние на агроэкологическую систему. Следует отметить, что для Центрально-Черноземного региона таким компонентом считается рельеф и гидрографическая сеть, от которых зависит сток осадков и водный режим территории, прочие компоненты, такие как почвы и растительность могут играть корректирующую роль.

Так, например, рассмотрение функций, режимов и свойств почвы, как параметра устойчивости агроэкосистемы проводится в работах А.Н. Каштанова. Многими исследователями доказано наличие противоэрозионного, экологического и сельскохозяйственного эффекта от присутствия средостабилизирующих угодий.

По причине недостаточной заинтересованности государственных и региональных властей в ландшафтных исследованиях наметилась тенденция их опережения исследованиями экономического характера, которые, однако, затрагивают важные аспекты в области экологии землепользования и землевладения. Так в монографии авторов А.В. Улезько, В.Э. Юшковой, А.А. Тютюникова предлагается метод расчета фактического и теоретического значения производства сельскохозяйственной продукции в расчете на 1 балло-гектар, рассматриваемые с позиции экономической пользы, нами же видится возможность их применения в эколого-ландшафтных исследованиях.

В трудах В.Л. Черникова и А.И. Чекереса даются следующие рекомендации по оценке экологической устойчивости и оптимизации агроландшафта:

оценка состояния и прогнозирование изменений в ландшафтах должны осуществляться на основе системного изучения;

системный подход к ландшафту позволяет выявить его структуру, а также существенные связи компонентов в пространстве и во времени, отсюда вытека-

ет возможность поиска вариантов, принципов и методов согласования взаимоотношений для различных типов ландшафта;

экологическая стабильность и продуктивность экосистем тесно связана с разнообразием абиотических и биотических элементов ландшафта, поэтому особенно важно грамотно оценить сложившиеся ландшафтные структуры и предполагаемые их модификации на основе учета коэффициентов экологического и видового разнообразия;

экологическая устойчивость ландшафта включает как устойчивость к антропогенным нагрузкам, так и гибкость системы в ее реакции на то или иное нарушение, поэтому при оценке вещественно-энергетических и других связей между компонентами необходимо определить потенциальные нагрузки на ландшафт.

В процессе исследования вопроса оценки экологической устойчивости агроландшафтов были разработаны и используются на практике несколько методов, из которых особый интерес представляют:

- метод оценки с помощью коэффициента экологической стабильности ландшафта;
- метод оценки устойчивости по индексу сбалансированности;
- метод оценки через определение фактора стабилизации;
- метод оценки соответствия технологической нагрузки экологической емкости агроландшафта.

Каждый из методов имеет собственные показатели и шкалы оценки, которые будут рассмотрены ниже.

Коэффициент экологической стабильности ландшафта или абиотический метод ($KЭСЛ_1$) заслуживает внимания, так как дает возможность оценивать экологическую устойчивость агроландшафта, интегрируя качественные и количественные характеристики, как биотических, так и абиотических элементов ландшафта.

Данный метод оценки впервые выдвинут в 1995 году словацкими учёными Е.Н. Клементовой и В. Гейниге, рассматривается также в работах В.А. Баранова, Б.И. Кочурова, П.В. Ключина.

Рассматриваемый метод основывается на определении площадей, занятых различными элементами сельскохозяйственного ландшафта, и их сопоставлении. Ландшафт, согласно методике, подразделяется на сельскохозяйственные или иные угодья, обладающие стабилизирующим или дестабилизирующим влиянием, коэффициент экологической стабильности определяется по формуле (1).

$$KЭСЛ_1 = \frac{\sum_1^m F_{стаб}}{\sum_1^m F_{дестаб}}, \quad (1)$$

где $F_{стаб}$ - площадь средостабилизирующих элементов ландшафта, га,
 $F_{дестаб}$ - площадь дестабилизирующих элементов ландшафта, га.

В роли стабилизирующих элементов выступают территории леса, многолетние и защитные лесные насаждения, естественные водоемы, луга, сенокосы и пастбища, пашня под многолетними травами, заповедники, заказники, болота и т.д. К дестабилизирующим угодьям относятся застроенные территории, пашня под однолетними культурами, места добычи полезных ископаемых, овраги и т.д.

Согласно полученному коэффициенту используются следующие критерии экологической стабильности ландшафта:

$KЭСЛ_1 \leq 0,5$ - соответствует ярко выраженной нестабильности агроландшафта;

$0,5 < KЭСЛ_1 \leq 1,0$ - говорит о нестабильном состоянии сельскохозяйственного ландшафта;

$1,0 < KЭСЛ_1 \leq 3,5$ - состояние ландшафта условно стабильное;

$3,5 < KЭСЛ_1$ - выраженная стабильность ландшафта.

Второй коэффициент экологической стабильности ландшафта ($KЭСЛ_2$), также называемый биотическим методом, рассматривает помимо соотношения элементов агроландшафта также и их качественное состояние, и внутренние свойства, такие как: структура биомассы, влажность, рельеф и геологическое строение, местоположение и биоценоз.

Расчет производится по следующей формуле (2):

$$KЭСЛ_2 = \frac{\sum_1^m f \cdot k_1 \cdot k_2}{\omega}, \quad (2)$$

где f - площади биотических и абиотических элементов в составе ландшафта, га;

k_1 - коэффициент экологической значимости;

k_2 - коэффициент геоморфологической устойчивости;

ω - площадь рассматриваемого ландшафта, га.

Коэффициент геоморфологической устойчивости (Таблица 1) и коэффициент экологической значимости (Таблица 2). Они характеризуют отдельные биотические элементы агроландшафта.

Шкала оценки при биотическом методе варьируется от «нестабильного» при $KЭСЛ_2 \leq 0,33$, до «наиболее стабильного» $0,67 \leq KЭСЛ_2$.

Таблица 1 – Коэффициент геоморфологической устойчивости

Объекты	k_2
устойчивые материальные породы	1 (стабильные)
пески, оползни, овраги	0,7 (нестабильные)

**Таблица 2 – Коэффициент экологической значимости угодий
В агроландшафте**

Отдельные биотические элементы	k_1
застройка	0,00
пашня	0,14
луг	0,62
огород	0,50
пастбище	0,68
виноградники	0,29
хвойный лес	0,38
лиственный лес	1,00
хвойно-широколиственные леса	0,63
лесополосы и многолетние насаждения	0,68
водоемы и водотоки	0,79

Метод оценки устойчивости по индексу сбалансированности разработан сотрудниками Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии, с учетом достижений в области оценки экологической устойчивости агроландшафтов, таких ученых, как Д.Л. Арманд, Н.З. Милащенко, М.И. Лопырев, М.Н. Масютенко и др. Рассматриваемый способ оценки экологической устойчивости интересен тем, что не требует проведения многолетних мониторинговых работ для сбора необходимых исходных данных.

Среди параметров устойчивости выделяются следующие: продуктивность пашни, почвенный покров, ландшафтные условия производства, площади угодий

дий, суммарная радиация, сумма активных температур, запасы влаги, кислотность почв и содержание в них NPK, мощность гумусового горизонта и количество гумуса, экологическая емкость ландшафта, продолжительность вегетационного периода.

В общей системе авторами выделено три подсистемы по количеству видов устойчивости: стационарный режим, гомеостазис, равновесие. Оценка устойчивости производится через наличие разновидовых положений равновесия. Так при наличии всех трех сельскохозяйственных ландшафт будет характеризоваться как «устойчивый», при отсутствии - «неустойчивый», промежуточными характеристиками являются «среднеустойчивый» и «слабоустойчивый» ландшафт.

В свою очередь внутри видов устойчивости выделены факторы, характеризующиеся вышеназванными параметрами и имеющие по три класса. Например, по признаку природной продуктивности пашня будет районирована на высокий, средний и малый уровень продуктивности исходя из урожайности основных культур, а затем путем качественного сопоставления каждый из классов качества переводится соответственно к классам устойчивости: «устойчивый», «порогоустойчивый» и «неустойчивый».

Данная система оценки (Таблица 3), по мнению авторов, применима как для оценки устойчивости фактического агроландшафта, так и для оценки проектов систем земледелия и землеустройства на основании включения основных критериев адаптивного и эколого-экономического подходов в таксономический ряд .

Разделение экосистем агроландшафта на стабильные и нестабильные, дает возможность использования фактора стабилизации, как регулирующего и на его основании проводить оптимизацию состава и соотношения угодий.

Фактор стабилизации, определяемый по формуле (3), является «отношением запасов энергии в подземной фитомассе к биоэнергетическому потенциалу территории агроландшафта (в процентах)».

Таблица 3 – Информационная система оценки устойчивости агроландшафта (ВНИИЗиЗПЭ)

Вид устойчивости	Таксономические признаки	Классификационные признаки		
		класс качества	параметр, условие	класс устойчивости
равновесие	равенство площадей стабилизирующих и дестабилизирующих среду объектов	культурный; мелиорируемый; акультурный	Иса* > 1 Иса = 1 Иса < 1	устойчивый; порогоустойчивый; неустойчивый
	пашня районирована по признаку природной продуктивности	высокопродуктивный; средне продуктивный; малопродуктивный	урожайность основной культуры	устойчивый; порогоустойчивый; неустойчивый
	организация агроэкосистем по степени сложности почвенного покрова и ландшафтных условий	однородный; средней сложности; повышенной сложности	<10% 10-25% 25-50%	устойчивый; порогоустойчивый; неустойчивый
	подбор и размещение культур согласно их требованиям к ландшафтным условиям	адаптивный; почвозащитный; уравнительный	запасы влаги, суммарная радиация, сумма температур, NPK, рН, гумус, период вегетации	устойчивый; порогоустойчивый; неустойчивый
гомеостазис	планирование эффективной урожайности и технологических нагрузок	расчетная по экологической емкости; расчетная по выносу; назначенная	Уэ = Уп · 2,5 содержание NPK, зональная норма	устойчивый; порогоустойчивый; неустойчивый
стационарный режим	поддержание равновесия в подсистемах: фотосинтез - разложение + отчуждение, гумификация - дегумификация, эрозия - почвообразование	гармоничный; конструктивный; деконструктивный	баланс за вегетационный период	устойчивый; порогоустойчивый; неустойчивый

*Иса - индекс сбалансированности агроландшафта

$$\Phi_c = \mathcal{E}_{нф} \cdot 100 / \mathcal{BЭПТ}, \quad (3)$$

где Φ_c - фактор стабилизации агроландшафта,

$\mathcal{E}_{нф}$ - запасы энергии в подземной фитомассе, ГДж/га,

100 - процентная величина показателя,

$\mathcal{BЭПТ}$ - биоэнергетический потенциал агроландшафта, ГДж/га

Разработчиками представленной методики являются В.М. Володин, Р.Ф. Еремина, Н.Ф. Михайлова, для условий Европейского Севера данная методика была адаптирована Т.А. Блынской и О.Д. Кононовым.

Для получения данного интегрального показателя растительных и почвенных ресурсов требуется, согласно методике, определить положительные либо отрицательные тенденции гумуса почв, подземной и надземной фитомассы, а затем рассчитать их энергетическую составляющую.

Шкала оценки степени стабилизации агроландшафта (фактор стабильности) дифференцируется следующим образом:

- при $\Phi_c < 0,5$ - очень низкая;
- при $0,5 \leq \Phi_c < 1,5$ - низкая;
- при $1,5 \leq \Phi_c < 2,5$ - средняя;
- при $2,5 \leq \Phi_c < 5,5$ - высокая;
- при $5,5 \leq \Phi_c$ - очень высокая.

Энергопотенциал органического вещества и фактор стабилизации агроландшафта зависит от вида его сельскохозяйственного использования и соотношения пахотных и экологически устойчивых угодий, и во многом определяет плодородие почв и их экологическое состояние.

Вопрос изучения экологической емкости агроландшафта является на сегодняшний день весьма актуальным, и освещается такими авторами, как В.И. Кирюшин, В.М. Володин, Г.И. Баздырев, С.С. Поздняк. Под экологической емкостью агроландшафта понимают антропогенную нагрузку, которую способен воспринять агроландшафт, сохраняя экологическую и производительную устойчивость.

Метод разработан в 2012 году авторами: Н.П. Масютенко, Н.А. Чуян, Г.И. Бахирев и др., и позволяет оценить экологическую устойчивость агроландшафта исходя из уровня антропогенной нагрузки и его соответствия экологической емкости агроландшафта. Основанием оценки являются показатели качества почвы и показатели производительной и продуктивной устойчивости агроландшафта. Ранжирование производится исходя из четырнадцати критериев допустимой антропогенной нагрузки.

Выделяется четыре уровня обеспечения производительной и продуктивной устойчивости агроландшафта через соответствие антропогенной нагрузки экологической емкости:

- обеспечение устойчивости и продуктивности агроландшафта со 100% соответствием;
- обеспечение - с 90% соответствием;

- обеспечение - с 70% соответствием;
- необеспечение и несоответствие.

Выделение критериев допустимой нагрузки обеспечивающих отсутствие деградации почв, и показателей производительной и продуктивной устойчивости агроландшафтов позволяет, по мнению авторов, использовать методику, в том числе, для ресурсно-экологического районирования и обоснования установления экологических регламентов агротехнологий.

С учетом сказанного, должны разрабатываться параметры агроэкологической нагрузки, которая являлась бы безвредной для различных категорий агроландшафтов.

ГЛАВА 2 ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

2.1 Современная структура и трансформация ландшафтов Урбанизированных территорий

Современная структура ландшафтов Курской области представлена 4 типами местности – *плакорный*, *склоновый*, *надпойменно-террасовый*, *пойменный*, испытывающих разную степень антропогенной трансформации (рисунок 1).

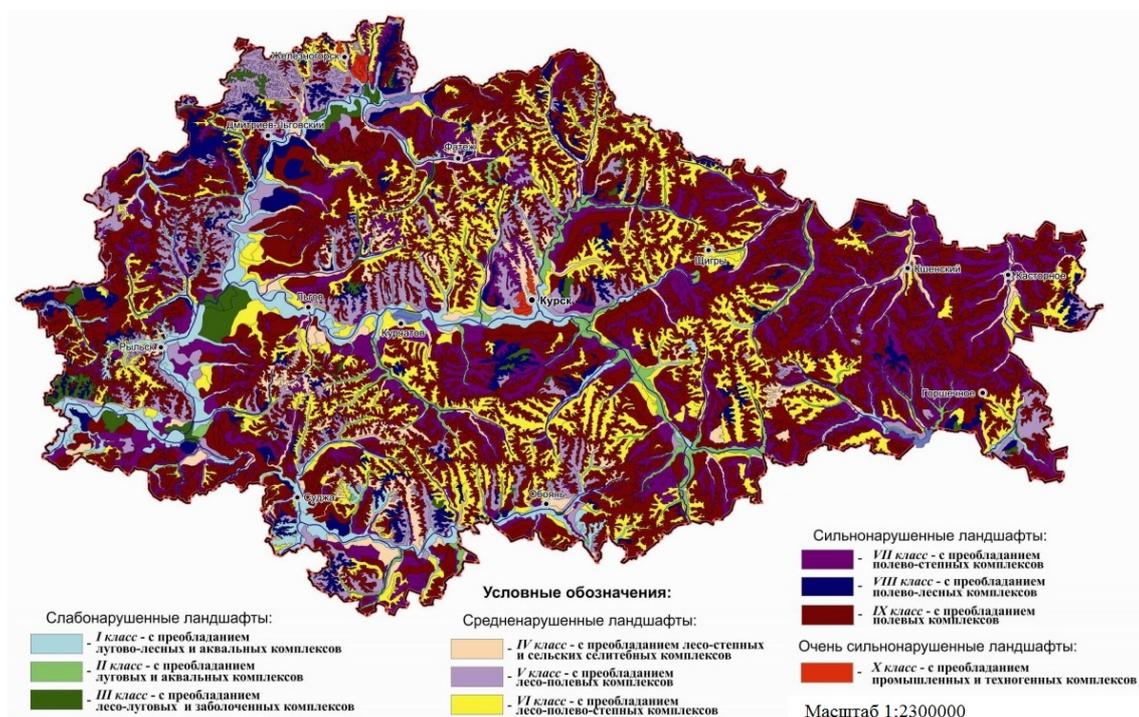


Рисунок 1 – Степень антропогенной трансформации типологических ландшафтных комплексов Курской области

Плакорный тип местности наиболее распространенный тип в Курской области занимает площадь 15744,2 км² (52,4% территории). Расположен преимущественно на возвышенных пологоволнистых поверхностях водораздела и характеризуется преобладанием сильнонарушенных ландшафтов из-за активного использования этих территорий в сельском хозяйстве для пахотных угодий. Ландшафтно-экологическая обстановка обостряется несоблюдением правил агротехники, отсутствием достаточного количества полевых защитных лесных полос, проявлением карстовых и суффозионных процессов. Кроме этого на нее также влияют частые суховеи, периодически повторяющиеся засухи, поздневесенние и раннеосенние заморозки.

Склоновый тип местности относится преимущественно к средненарушенным, а в восточной части области – сильнонарушенным

ландшафтам и занимают 6505,8 км² (21,8%). Высокая хозяйственная освоенность, а также эрозия, оползни и гравитационные процессы, меловой карст ухудшают ландшафтно-экологическую ситуацию этих территорий.

Наиболее благоприятная в целом ландшафтно-экологическая ситуация характерна для пойм рек (Сейма, Тускари, Свапы, Псела). *Пойменный тип местности* занимает 4283,3 км² (14,3%). В тоже время отдельные участки пойм все же испытывают антропогенную нагрузку, связанную с распашкой земель, чрезмерным выпасом скота, проявлением эрозионных процессов и др.

Надпойменно-террасовый тип местности соответствует 3464,4 км² (11,5%) и занимает надпойменные песчано-глинистые террасы речных систем. Этот тип местности представлен обширными участками вдоль рек Свапы, Тускари, а также левобережья Сейма и отличается средненарушенными ландшафтами на западе и сильнонарушенными в центральной и восточной части Курской области. Это обуславливается высокой степенью сельскохозяйственной освоенности и наличием обширных овражно-балочных систем. К числу естественных факторов, ухудшающих ландшафтно-экологическую обстановку, относятся суффозионно-карстовые процессы, дефляция песчаных массивов.

Наиболее сильно техногенное воздействие ландшафты и население проявляется в промышленных городах, которые по интенсивности загрязнения и площади аномалий поллютантов представляют «техногенные геохимические и биогеохимические провинции широкого круга химических элементов». Одними из наиболее опасных с экологической точки зрения загрязнителями городских ландшафтов являются тяжелые металлы и металлоиды - элементы, имеющие стабильные изотопы с атомной массой от 50 (ванадий) до 238 (уран).

Большое значение для исследования вопросов, связанных с поведением ТМ в компонентах ландшафтов, имеют фундаментальные работы А.И. Перельмана, М.А. Глазовской, Ю.Е. Саета, В.В. Добровольского, Н.С. Касимова. Теоретической основой современных геохимических исследований городских ландшафтов являются разработанные ими концепции (теория геохимических барьеров, устойчивость ландшафтов к техногенным воздействиям и др.), и методы ландшафтно-геохимического анализа, приемы геохимического картографирования содержания поллютантов в почвах. При исследовании техногенного воздействия нескольких источников на ландшафты, основополагающими стали работы А.И. Перельмана, касающиеся наложенных полей загрязнения, формирования полиэлементных техногенных геохимических аномалий в депонирующих компонентах ландшафтов (снег, почва, растительность, донные отложения).

Важным звеном в экогеохимии городов являются почвенно-геохимические исследования. Это связано с тем, что почвы, с одной стороны являются главным депонентом загрязнителей в течение длительного периода, с другой - выполняют важнейшие экологические функции по сохранению биологического разнообразия, обеспечению устойчивого функционирования биогеоценозов и биосферы в целом. При запечатывании, большая часть

загрязненных атмосферных осадков не попадает в почву, а непосредственно через ливневую канализацию уходит в грунтовые воды и водоемы, загрязняя их, что негативно сказывается на растениях и организмах.

За последние десятилетия накоплен обширный материал по этой проблеме, разработаны теоретические основы учения о тяжелых металлах, определены средние содержания в почвах разных типов, выяснена роль отдельных компонентов почв в их накоплении в разных физико-географических и ландшафтно-геохимических обстановках. По некоторым из ТМ установлены научно обоснованные предельные уровни их содержания в почвах при техногенном загрязнении от разных источников. Так, например, в коллективной монографии «Экологическое нормирование и управление качеством почв и земель» на основе анализа отечественного и зарубежного опыта были выявлены ряд ограничений при разработке нормативов. Они связаны с географической дифференциацией (типы/подтипы почв, гранулометрический состав, содержание гумуса, емкость катионного обмена, показатели кислотности основных и окислительно-восстановительных свойств и др.), характером, уровнем и длительностью техногенных воздействий на почву и др., правилами сбора и анализа фактических данных. Отмечается, что формирующиеся в почвах городских ландшафтов техногенные аномалии, как правило, являются результатом совместного воздействия нескольких техногенных источников, что нередко затрудняет оценку уровней загрязнения.

В качестве критериев выявления поступления ТМ в почвы, обычно, используется: а) наличие геохимических аномалий валовых и подвижных форм микроэлементов; б) характер радиального и латерального перераспределения микроэлементов по почвенному профилю в зависимости от типа функциональной зоны города, транзитных или аккумулятивных возможностей ландшафта; в) состав ассоциации загрязнителей. Анализ особенностей распределения ТМ в депонирующих и транзитных средах проводится с использованием традиционных геохимических (коэффициенты накопления и рассеяния относительно кларков литосферы, техногенной концентрации элементов относительно фона (K_c), суммарный показатель загрязнения (Z_c), характеризующий степень загрязнения ассоциацией элементов, и др.) и санитарно-гигиенических показателей и коэффициентов (ПДК и ОДК). При этом основой для оценок является ландшафтно-геохимический фон рассматриваемой территории.

В нашей стране городское почвоведение или урбопочвоведение как самостоятельное научное направление (научный раздел почвоведения) оформилось благодаря исследованиям почв г. Москвы М.Н. Строгановой и ее учеников. За рубежом исследования городских почв с их картографированием проводятся в Германии, США, Великобритании, Испании, Польше и других странах.

В настоящее время существует достаточно много публикаций в российской и зарубежной печати, посвященных проблеме загрязнения ТМ крупных промышленных городов. Меньше внимания в литературе уделяется

выяснению характера и причин загрязнения ТМ почв ландшафтов малых и средних городов, доля которых в РФ составляет 85 %, население — 27,3 млн. или 26,3% от общего количества.

К настоящему времени описаны основные типы антропогенных воздействий на почвенный покров урбанизированных территорий, освещены основные теоретические аспекты экологии городских почв, их генезиса, вопросы диагностики, номенклатуры и классификации, методики их картографирования и оценки, их экологические функции, а также роль в урбоэкосистемах. Получены новые данные о современном эколого-геохимическом состоянии почв ряда городов РФ, которые имеют различную промышленную специализацию и структуру загрязнения ТМ. Результатом значительного роста числа исследований городских почв в мире стало создание Рабочей группы в составе Международного общества почвоведов и проведение, начиная с 2000 г. Международных конференций по почвам городов, индустриальных и загрязненных территорий. Особое внимание на симпозиумах уделяется оценке эколого-геохимического состояния почв урбанизированных территорий и техногенных ландшафтов.

Крупномасштабная социально-экономическая трансформация в начале 90-х годов сильно изменила хозяйственный облик Курского региона. В первую очередь произошла экологическая деградация структуры его хозяйства. Снизилась доля «экологически щадящих отраслей», таких как машиностроение (почти в 2 раза), легкая промышленность (в 4,9 раза) и пищевая (на 18%). В то же время резко возросла доля природоемких загрязняющих базовых отраслей: электроэнергетики – в 3,3 раза, черной металлургии – в 2,4, химической и нефтехимической промышленности – на 26%. В результате железорудной и энергетической специализации происходит рост как удельной ресурсоемкости производства, так и объемов отходов источников загрязнений, что отражается на экологической сфере Курской области. Повышенную экологическую угрозу также представляет все возрастающее в последние годы увеличение нагрузок на природную среду вдоль автомобильных и железных дорог и износ основных фондов опасных отраслей, а также рост коммунально-бытовых отходов.

В настоящее время большая часть совокупного промышленного потенциала области сконцентрирована в трех крупных промышленных центрах: гг. Курске, Железногорске, Курчатове, а также в четырех условно «средних» центрах, к которым относятся такие малые города, как Рыльск, Суджа, Льгов и Щигры (рисунок 2). Остальная территория области равномерно занята предприятиями пищевой промышленности.

Наиболее высокие объемы выбросов и уровни атмотехногенных загрязнений наблюдаются в Железногорске и Курске: 6750,2 т/год и 4590,4 т/год соответственно [87]. При этом объем выбросов твердых частиц (тонн), содержащих ТМ, составил 2202,8 (Железногорск) и 470,2 (Курск), газообразных и жидких загрязняющих веществ соответственно 1317,6 и 667,7. В общем объеме выбросов от стационарных источников в городах значителен вклад сжигания топ-

лива (угля и мазута) в топливном балансе и предприятий пищевой промышленности.

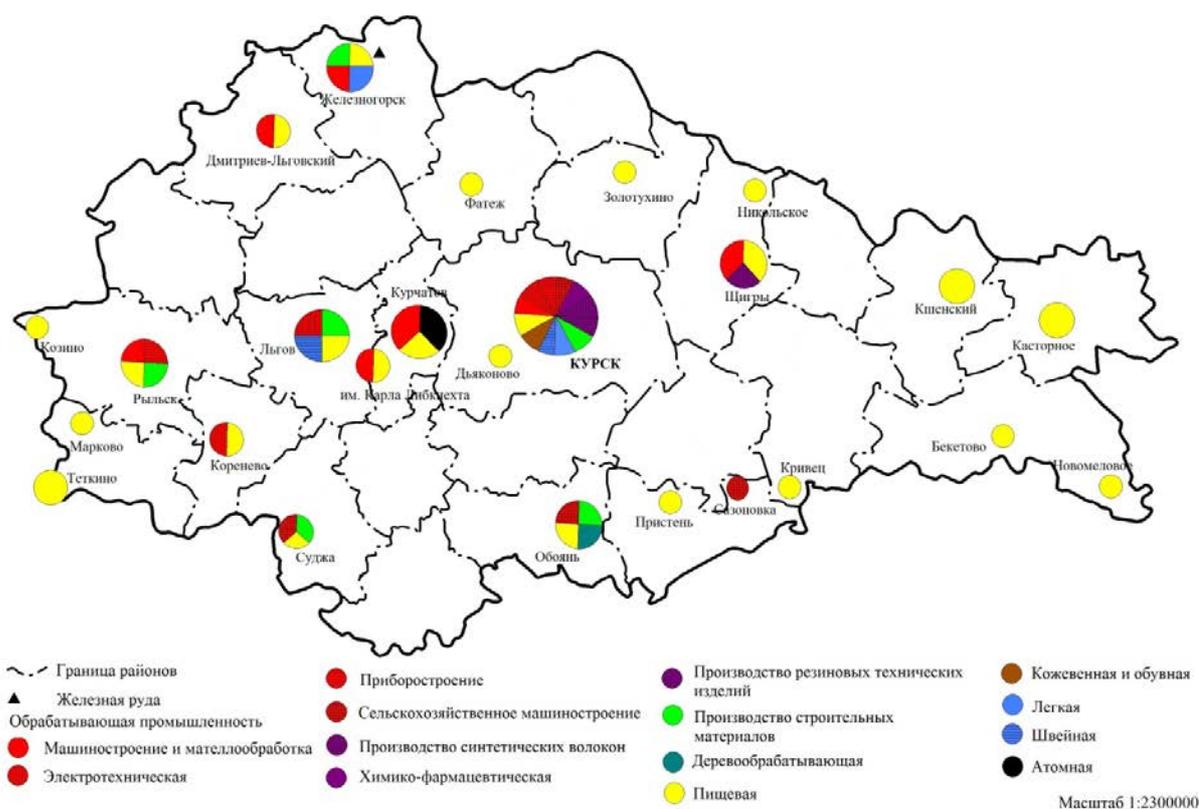


Рисунок 2 – Промышленная специализация городов Курской области

По имеющимся оценкам [47, 64, 71-76], на долю транспортного комплекса в области приходится около 75% выбросов загрязняющих веществ (более 132,5 тыс. т/год). При этом стационарные источники влияют на компоненты природной среды в относительно ограниченных районах, в то время как передвижные (автотранспорт) оказывают воздействие на значительных пространствах.

2.2 Тяжелые металлы в городских почвах и их влияние на трансформацию почвенно-геохимической структуры

Механические трансформации в городах приводят к замене почв грунтами и техногенными поверхностными образованиями (ТПО), к появлению слабо развитых почв, а также перекрытых техногенным и/или природным материалом – техно-почв при меньших нагрузках. В большинстве почв и ТПО наряду с механическими нарушениями фиксируется накопление ТМ и их соединений, выраженное в разной степени. Техногенная трансформация городских почв ведет к изменению их буферности, увеличению поглотительной способности, т.е.

к уменьшению миграционной способности многих поллютантов, прежде всего ТМ. Загрязнение городских почв ТМ сопровождается трансформацией почвенно-геохимической структуры территории. Это приводит к резкому возрастанию радиальной геохимической дифференциации почвенного профиля за счет накопления поллютантов в верхних горизонтах.

Пространственное распределение химических элементов обусловлено главным образом источниками их поступления в почвы. В зоне воздействия Железногорского промышленного ареала загрязнение ландшафтов и почв связано с пылением от карьеров, хвостохранилищ, отвалов, складов готовой продукции (*аэральный тип техногенеза*), отходами добычи и переработки руд, выбросами и стоками Михайловского горно-обогатительного комбината (*горнопромышленный тип техногенеза*; [54-56, 146, 167]. В пыли, поступающей от хвостохранилища Михайловского ГОКа, преобладает Fe (168500 мг/кг) и присутствует широкий спектр микроэлементов, концентрации которых превышают фоновые значения для зональных почв. Так содержание Cu (мг/кг) в пыли составляет 70, Mn – 750, Pb - 60, Ni – 60, Cr - 110, Co – 20, Zn - 350. С каждого гектара техногенного массива хвостохранилища, сложенного из пород легкого механического состава, ежегодно выносятся от 1000 до 1200 т пылевой фракции. Ореол рассеяния Fe в местах разработки железорудных месторождений в Курской области прослеживается на расстоянии до 7-15 км от источников загрязнения. В этих условиях достаточно эффективным ландшафтно-геохимическим барьером являются почвы и растительность, которые закрепляют основную часть металлов, поступающих аэральным путем, и снижают потенциальную возможность их поступления в речные воды и донные отложения.

Дополнительный источник загрязнения среды и почв – дробильно-обогатительные комплексы. В составе пыли от дробильно-сортировочных производств и фабрик окомкования по переработке железистых кварцитов Михайловского ГОКа содержится большое количество токсичных элементов (мг/кг): 0,7 - 1,7 (Cd), 12,2 - 20,3 (Pb), 12,5 - 26,6 (Co), 3,8 - 17,9 (Ni), 0,5 - 1,1 (Mo), 9,4 - 11,9 (Cu), 2,6 - 9,9 (Sb), 10,6 - 16,1 (Cr). Концентрация Fe в пыли очень значительна и варьирует от 1100 до 4400 мг /кг. Наиболее опасными в экологическом отношении, по-видимому, являются Co и Sb, содержание которых в железорудном сырье и продуктах его переработки превышает фоновые значения для почв в несколько раз, а в ряде случаев в 10-14 раз.

В Курске главными источниками поступления ТМ в природную среду являются предприятия машиностроения и металлообработки, производственные процессы которых связаны с использованием этих микроэлементов [64, 71-76, 86, 94, 136, 188]. В почвах транспортно-промышленных зон Курска (урбаноземах, черноземах и серых лесных почвах и др.) накапливается широкий спектр элементов-загрязнителей: Cr, As, Ni, Pb, Cd, Hg, Be, Sb, W и др. Накоплению ТМ на биогеохимических барьерах в поверхностных гумусовых горизонтах почв импактных зон предприятий благоприятствует слабая подвижность большинства их соединений в щелочной

среде, создаваемой пылевыми выбросами. В ряде случаев загрязнение почвенных профилей прослеживается до глубин 30-50 см, а ТМ концентрируются на сорбционных геохимических барьерах. Ореолы рассеяния ТМ в почвах характеризуются постепенным уменьшением их концентрации от центра (источника загрязнения) к периферии. Так, например, загрязнение почв ТМ в зоне влияния Курского аккумуляторного завода прослеживается в радиусе 2,5 км, а иногда и больше (по разным данным до 5-7 км) в направлении преобладающих ветров. Уровень высокого загрязнения ТМ почв автономных ландшафтов в импактной зоне завода сохраняется на протяжении последних 30-ти лет. Резкое снижение содержания ТМ может произойти или в случае разрушения почвенных горизонтов, особенно поверхностных гумусовых, или при проведении специальных мероприятий по их санации.

Основным загрязнителем урбаноземов г. Курска является Zn, его валовое содержание в поверхностных горизонтах 3 парковых и 3 промышленных зон города («Счетмаш», Курский кожзавод», Курская городская типография») - от 266 до 2777 мг/кг. Уровень загрязнения урбаноземов оценивается как опасный ($Z_c=53-110$) и чрезвычайно опасный ($Z_c=173-265$).

В селитебной зоне городов, как правило, концентрируются Zn и Pb, аномалии которых здесь сформировались под влиянием автотранспорта и свалок бытового мусора. Высокие концентрации ТМ (Zn, Cu, Sn, Ag, Pb, Cr) также содержатся в почвогрунтах (ТПО) территорий специального назначения - свалок промышленных отходов и ТБО. Наглядный пример – сильное загрязнение пологих склонов балки, в которую на протяжении многих лет складировались промышленные отходы Курского аккумуляторного завода.

Сельскохозяйственные земли на территории городов и пригородных зон Курской области в результате высокой интенсивности антропогенного воздействия в советское время нередко загрязнены Pb, Zn, Cu, As и другими соединениями, содержащимися в пестицидах, минеральных и органических удобрениях. Наиболее высокие уровни пестицидной нагрузки (более 100 г/га) отмечены в Коньшевском, Льговском, Рыльском и Солнцевском районах области (рисунок 3).

Особенности загрязнения ТМ и другими загрязняющими веществами почв малых городов Курской области (Льгов, Суджа, Дмитриев, Обоянь, Рыльск, Фатеж, Щигры), на территории которых нет крупных источников выбросов, до настоящего времени мало исследованы. Данные по уровням загрязнения и особенностям распределения ТМ в городских почвах единичны.

Геоэкологические исследования в малых городах области, проведенные Кравченко, позволили их разделить по степени загрязнения почв ТМ на три основные группы. К группе с высокой степенью загрязнения почв ТМ отнесены Льгов, Обоянь и Фатеж, где имелось на тот период времени достаточно большое количество работающих предприятий. Группа со средней степенью загрязнения - Щигры, Суджа и Рыльск, группа с низкой – Дмитриев.

системах только при условии низких концентраций в среде. При избыточном содержании химические элементы превращаются в опасные токсиканты, что приводит к различным негативным отклонениям в развитии растений. Поэтому биогеохимическая индикация, основанная на ответных реакциях растений на загрязнение поллютантами, широко используется при оценке экологического состояния окружающей среды и позволяет оценить характер и интенсивность загрязнения.

Общие закономерности поглощения ТМ растениями в фоновых условиях из загрязненных почв и грунтов достаточно хорошо изучены. Согласно имеющимся представлениям механизм биологического поглощения ТМ включает несколько фаз и заключается в их электростатической адсорбции на поверхности корней и уменьшении подвижности в связи с переходом в живое органическое вещество. Проникновению металлов в клетки растения в известной степени способствуют различные микроорганизмы, способные удерживать значительные количества токсичных элементов.

В условиях городов эти закономерности претерпевают изменения, связанные с существенным увеличением концентрации ТМ в сопредельных средах – воздухе и почвах – и с усилением фолиарного поглощения. Отсюда возникает необходимость специального изучения аккумуляции ТМ растениями городов, расположенных в разных природных зонах.

Отличия в накоплении ТМ органами растений разных жизненных форм связаны с видовыми особенностями, такими как развитость сорбционной поверхности органа, проницаемость мембран и др. В связи с этим индикационное значение лиственных деревьев оказывается, как правило, выше, чем трав. Так, например, древесные и кустарниковые растения в городах степной и лесостепной зон накапливают наибольшие концентрации Рb в листовых пластинах, травянистые растения – в корневой системе.

Многочисленные исследования в техногенных ландшафтах, в т.ч. городских, в разных регионах показали, что наиболее информативными биоиндикаторами являются лишайники и древесные растения. У древесных растений при оценке состоянии среды обычно используют хвою, кору, особенно у сосны, способную аккумулировать загрязняющие вещества в течение длительного периода, а также другие типы их анатомической ткани (корни, ветви, листья, цветы, плоды, семена и др.), обладающие разной степенью выраженности физиологических барьеров поглощения.

В лесостепной зоне чувствительными к загрязнению ТМ оказываются сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris L.*), разные виды лип (мелколистная (*Tilia cordata Mill.*), крупнолистная (*Tilia platyphyllos*)) и тополей, например, пирамидальные (*Populus pyramidalis*), а также клен платанолистный (остролистный) (*Acer platanoides*) [9, 17, 22, 170, 206, 208]. Менее чувствительными биоиндикаторами считаются береза плакучая (*Betula pendula*) и вяз гладкий (*Ulmus laevis*). Среди травянистых растений при биомониторинге часто используются листья одуванчиков (*Taraxacum*) из-за их индикаторных свойств и широкого распространения в городах.

Как тестовые биообъекты нередко используются овощные, плодовые и ягодные культуры (морковь, помидоры, картофель, яблоки, земляника садовая и др.) садово-огородных участков, для которых разработаны наиболее достоверные предельно-допустимые уровни содержания химических элементов, указывающие на экологическую опасность загрязнения. Определенное индикационное значение имеют сельскохозяйственные и дикорастущие растения, в корнях, вегетативных и регенеративных органах которых аккумулируются ТМ, но в отличие от овощей и фруктов они в меньшей мере позволяют оценить опасность загрязнения. Так, например, в агроценозах лесостепной и степной зон по металлоаккумулирующей способности особенно выделяются свекла (*Beta*), подсолнечник (*Helianthus*) и гречиха (*Fagopyrum*). В меньшей степени аккумулируют тяжелые металлы (цинк, медь, хром и никель) в своей надземной фитомассе пшеница мягкая (*Triticum aestivum*) озимая, рожь посевная (*Secale cereal*) озимая, ячмень (*Hordeum*) и кукуруза (*Zea*). Сорные виды, широко распространенные в посевах сельскохозяйственных культур, также аккумулируют в надземных органах значительное количество ТМ. Так, например, загрязнение Pb и Cu хорошо фиксируется одуванчиком (*Taraxacum*), Cr - щирицей запрокинутой (*Amaranthus retroflexus*), Zn накапливается в полыни горькой (*Artimisia absinthium L.*), а Co в мари белой (*Chenopodium album*).

Высшая растительность в непосредственной близости от промышленных предприятий (Курский промышленный ареал), карьерно-отвалных комплексов и территорий обогатительных фабрик и сопутствующих производств (Железнодорожный промышленный ареал) нередко аккумулирует ТМ в количествах, превышающих регионально-фоновые значения в несколько раз. Так, например, в лесостепных сообществах большей части карьерно-отвалных комплексов КМА отмечается высокий уровень накопления ТМ, дисбаланс биофильных и токсичных элементов, некрозы листового покрова, угнетение растительности и увеличение в составе эдификаторов более ксерофитных рудеральных видов.

Рядом исследователей установлено накопление в повышенных количествах валового железа в травах семейства злаковых (мятлик луговой (*Poa pratensis*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), райграсс высокий (*Arrhenatherum elatius*), и некоторых токсичных микроэлементов (Pb, Cu и Zn) в сельскохозяйственных культурах на расстоянии 5-10 км от Михайловского ГОКа.

Геохимическое опробование сельскохозяйственных растений в пригородной зоне г. Курска плодов яблони вблизи техногенных источников в разных районах Курской области показало, что содержание ряда ТМ в них превышает фоновые значения. Коэффициенты техногенной концентрации (Кс) указывают преимущественно на медь-цинк-свинцовое загрязнение озимой пшеницы (*Triticum*) и сахарной свеклы (*Beta vulgaris*) в радиусе до 5 км, соответствующее приоритетным загрязнителям атмосферного воздуха города. На расстоянии 10 км от города для этих элементов характерно распределение на уровне фоновых концентраций. В плодах разных сортов яблони, используемых в качестве тестовых биообъектов, обнаруживается тенденция к накоплению Cu, Pb и Cd, содержание которых в некоторых случаях достигает и даже превышает ПДК. За-

грязнение обусловлено главным образом атмотехногенными потоками металлов вблизи промышленных зон и хорошо коррелирует с поставкой пыли на поверхность почв.

Дикорастущие растения, используемые в качестве сырья в медицинской промышленности вблизи техногенных источников на территории Курской области, также загрязняются ТМ. Так, например, по данным В.Н. Бубенчиковой с соавторами, в минеральном составе лекарственных растений рода Лабазник (*Filipendula*), собранных на территориях, примыкающих к индустриальным зонам, обнаружено высокое содержание Ni (4-7 мг/кг сухой массы), Cr (2 мг/кг) и Zn (26-43 мг/кг). В траве бородавника обыкновенного (*Lapsana communis L.*) и прозанника крапчатого (*Achyrophorus maculatus*) – P (3000-5000 мг/кг), Ba (200 мг/кг), Zn (30-60 мг/кг) и Mn (200 мг/кг).

Таким образом, загрязнению растительного покрова в транспортно-промышленных зонах г. Курска и вокруг Михайловского ГОКа посвящено довольно много работ, в то время как сведения о биогеохимической трансформации растительности малых городов области единичны. В связи с этим важное значение приобретают биогеохимическая индикация и оценка экологического состояния среды г. Льгова, которые включают определение содержания ТМ в травянистых и древесных растениях, выбор среди них индикаторных видов и выявление техногенных биогеохимических ореолов в разных функциональных зонах города.

По состоянию аквальных ландшафтов, включающих в себя водную массу с организмами и донные илы (подводные почвы) и занимающих различные формы подводного рельефа, как правило, оценивают степень техногенной нагрузки на природную среду всего водосбора. Основная доля в загрязнении поллютантами аквальных ландшафтов бассейна р. Сейм в пределах области, как показывает обобщение литературных данных и некоторые собственные материалы, принадлежит прибрежным промышленным городам и урбанизированным территориям. В водные объекты поступают сточные воды очистных сооружений и производственных площадок, содержащие органические токсиканты и ТМ. При этом с ливневым стоком поступает практически столько же ТМ, сколько и со сточными водами, прошедшими очистку.

Согласно данным ежегодных гидрогеохимических оценок поверхностных вод, проводимых на территории городов области, к наиболее характерным загрязняющим веществам, поступающим повсеместно в аквальные ландшафты бассейна р. Сейм, относятся соединения меди, аммонийный и нитритный азот, легкоокисляемые органические вещества (по БПК₅). В период 2007-2010 гг. содержания этих веществ в водах рек бассейна р. Сейм превышали ПДК (для водных объектов рыбохозяйственного назначения) в 2-3 раза. В 2013 г. спектр характерных загрязняющих веществ в водах рек не изменился. Среднегодовые концентрации меди в воде составляли 3-5 ПДК, максимальные достигали 6-8 ПДК. Наиболее высокие концентрации (8 ПДК) регистрировались в воде р. Тускарь ниже г. Курск, р. Реут ниже г. Курчатов.

Анализ литературных данных [26, 75] свидетельствует о существенном превышении ПДК азота аммонийного, азота нитритного, Zn, Pb, Fe и нефтепродуктов в воде р. Сейм на выходе из Курска. Среднегодовые концентрации меди в воде составляли 3–5 ПДК, максимальные достигали 6–8 ПДК. Наиболее высокие концентрации (8 ПДК) регистрировались в воде р. Тускарь ниже г. Курска, в р. Реут ниже г. Курчатова.

Среднегодовые концентрации аммонийного и нитритного азота составляли 1-2 ПДК и 2-4 ПДК, максимальные – 2-3 и 3-12 ПДК соответственно. Среднегодовые концентрации легкоокисляемых органических веществ в воде рек (по БПК₅) были в пределах нормативов, максимальные концентрации не превышали 2 ПДК.

Накоплению биогенов в реках Курской области кроме выбросов, стоков и отходов промышленных предприятий способствуют диффузные и точечные источники сельскохозяйственного загрязнения (летние лагеря коров (рисунок 4), минеральные и органические удобрения, пестициды и другие агротехнологические средства) расположенные по всему водосбору, а также поступление в них мелкозема гумусовых горизонтов черноземов и серых лесных почв в результате широко распространенных в лесостепной зоне эрозионных процессов.

Вблизи промышленных ареалов спектр загрязняющих веществ расширяется за счёт поступления в воды рек с выбросами предприятий ряда микроэлементов. Наибольшую опасность представляют микроэлементы первого класса опасности: As, Cd, Pb. Основная доля в загрязнении микроэлементами аквальных ландшафтов бассейна р. Сейм в пределах Курской области принадлежит Железногорскому (Михайловский ГОК), Курскому и Курчатовскому промышленным ареалам. Второстепенную роль в загрязнении аквальных ландшафтов играют промышленные ареалы малых городов, районных центров.

Существенное влияние хвостохранилища Михайловского ГОКа сказывается на содержании ТМ в воде и донных отложениях р. Песочной. В воде реки ниже хвостохранилища содержание Cr и Ni почти вдвое больше в сравнении с концентрацией их на створе выше хвостохранилища. Концентрации Fe и Ti в воде р. Песочной на створе ниже хвостохранилища превышают ПДК для рыбохозяйственных объектов и сохраняются на таком уровне вплоть до впадения её в р. Свапу.

Наиболее высокий уровень загрязнения акваландшафтов бассейна р. Сейм был обнаружен в зоне воздействия Курского аккумуляторного завода. В донных отложениях Сейма было обнаружено накопление ряда микроэлементов. Чрезвычайно высокое загрязнение донных отложений выявлено в черте города в зоне максимального воздействия завода «Аккумулятор». Наиболее высокие концентрации отмечались для элементов первого класса экологической опасности Pb и Cd. Их содержание в отложениях соответственно в 43 и 106 раз превышало фоновые значения. Накопление Ni и As было выше фоновых в 7 и 10 раз, соответственно. Содержание Cu и Zn оказалось значительно ниже и не

превышало фоновое более чем в 3 раза. В 1 км ниже Курска концентрации основных загрязнителей в донных отложениях резко снижаются ($K_c=2,0-2,7$), а в 5 км заметно повышенным остаётся только содержание Cd: $K_c=2,3$.

Экологическое состояние акваландшафтов в зоне воздействия Курчатовского промышленного ареала связано с влиянием Курской АЭС, с регулярным сбросом хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод с территории станции, содержащих азот аммонийный, нитрит-ион, сульфаты, хлориды и др. (рисунок 4), а также выбросами в атмосферу загрязняющих веществ.

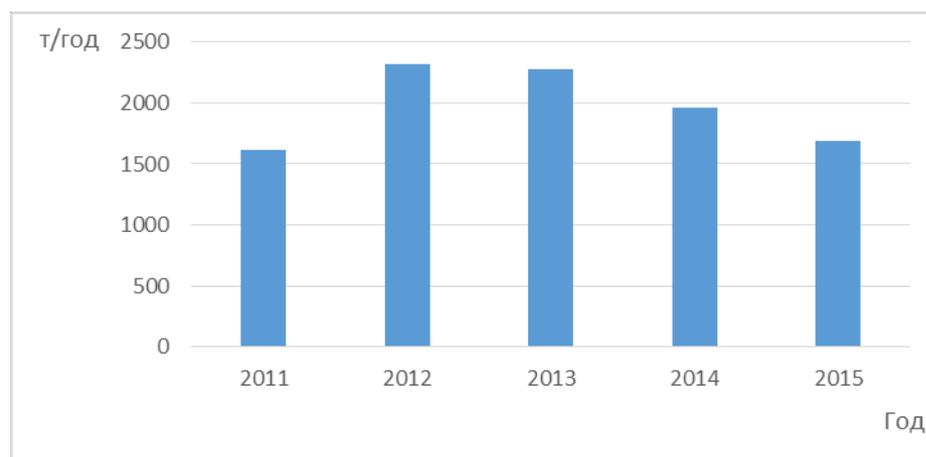


Рисунок 4 – Динамика валового сброса химических веществ (азот аммонийный, взвешенные вещества, нефтепродукты, нитрит-ионы, сульфаты, хлориды и др.)

Воздействие Курчатовского промышленного комплекса приводит к образованию, прежде всего локальных геохимических аномалий в воде водоема-охладителя КАЭС. Геохимическая аномалия обусловлена накоплением в нем U, Ni, Cu, As и V, чему способствует, несомненно, его слабая проточность.

Для оценки загрязнения микроэлементами аквальных ландшафтов бассейна р. Сейм в 2010–2014 гг. нами было выполнено опробование вод и донных отложений на участках, находящихся под влиянием промышленного ареала г. Курчатова (таблица 4). Гидрохимические исследования проводились вблизи населённых пунктов: хут. Золотухино – г. Курчатов – с. Макаровка – с. Малые Угоны. Уровень загрязнения определялся по значениям K_c (коэффициентов концентрации), которые рассчитывались относительно содержания микроэлементов в пробах фоновых участков (хут. Золотухино). Содержание микроэлементов в поверхностных водах оценивалось также относительно принятых нормативов ($ПДК_{рв}$).

Таблица 4 – Микроэлементный состав воды в водоёме–охладителе КАЭС и в р. Сейм в зоне воздействия Курчатовского промышленного ареала (минерализация – а, мг/л, содержание микроэлементов – мкг/л)

Объект исследования	pH	a	U	V	Ba	Ni	Cu	As	Pb	Zn
р. Сейм, хут. Золотухино	7,4	380	1,4	2,6	25	2,6	1,2	3,5	0,02	0,5
Водоём-охладитель КАЭС, г. Курчатов	8,0	520	4,1	4,9	31	17,1	25,7	8,0	0,5	12,9
р. Сейм, с. Макаровка	7,6	410	2,0	2,5	17,8	2,4	0,4	2,6	0,01	0,3
р. Сейм, с. Малые Угоны	7,9	410	1,8	2,2	15,5	2,2	0,4	2,1	0,01	0,2
ПДК _{рв}	-	-	-	-	-	10	1	-	6	10
Среднее для рек мира по В.В. Добровольскому [66]	4,5-8,5	-	0,3	1,0	25	2,5	7,0	2,0	1	20

Гидрохимические исследования показали, что содержание ТМ в слабопроточном водоёме–охладителе значительно выше, чем в р. Сейм на участке выше КАЭС (хут. Золотухино; таблица 4). Особенно высокие концентрации характерны для меди (Кс=20) и никеля (Кс=6). Концентрации этих ТМ превышают нормативы для водоемов рыбохозяйственного назначения. Значительно меньше коэффициенты концентрации U (Кс=3), As и V (Кс=2). Ниже КАЭС, на участке р. Сейм – с. Макаровка – с. Малые Угоны, содержание всех микроэлементов в реке снижается. Исключение составляет лишь сохраняющееся заметно повышенным содержание в воде U, прослеживающееся вплоть до г. Льгова, т.е. на расстоянии 20 км ниже КАЭС. Возможно, это связано с поступлением элемента в реку с грунтовыми водами. В донных отложениях в районе с. М. Угоны были обнаружены существенно повышенные содержания Zn (500 мг/кг, Кс = 13) и Pb (40 мг/кг, Кс =7).

Причины и особенности современной геохимической трансформации компонентов аквальных ландшафтов в зоне влияния Льговского промышленного ареала, которые отражают реальные экологические опасности для населения, остаются недостаточно изученными.

2.4 Мониторинг уровня загрязнений в почвенных горизонтах урбанизированных ландшафтах

В настоящее время почвенный покров г. Льгова, как и других урбанизированных территорий, находится в двух «состояниях» – на открытых территориях и закрытых, запечатанных асфальтом или другими покрытиями. На открытых территориях формируются антропогенно-преобразованные почвы и почвоподобные тела – урбаноземы, техноземы (почвоподобные техногенные образования скверов, газонов), агропочвы, а также естественно-антропогенные почвы (урбопочвы) и природные почвы разной степени изменения (погребение, срезание и др.) нередко с признаками урбогенеза. Последние сочетают в себе ненарушенную нижнюю часть профиля и антропогенно-измененные верхние слои. На запечатанных участках почвенный покров используется как «грунт»

или «почвогрунт» в качестве основы разнообразного жилого, промышленного, дорожного и другого строительства (рисунок 5, 6, 7).



Рисунок 5 – Морфологическое строение погребенной под техногенным наносом лугово-черноземной почвы (ул. Луговая)



Рисунок 6 – Морфологическое строение запечатанного под дорожным покрытием «скальпированного» остаточно-карбонатного чернозема, зона индивидуальной жилой застройки (ул. Гайдара)



Рисунок 7– Морфологическое строение урбоаллювиальной почвы в пойме р. Сейм, траншея вблизи старицы

Основанный на морфолого-аналитических данных анализ показал широкое разнообразие трендов (направлений) техногенного преобразования почв на разных исторических этапах развития г. Львова, что дало основание выделить среди них пять основных.

1. Агротехногенный турбационно-аккумулятивный тренд наиболее широко распространен в контурах формирования преимущественно агросерых почв на покровных лёссовидных суглинках, в условиях водоразделов и пологих склонов (привершинных частей, склонов северной экспозиции, а также незначительных массивов вдоль балок и оврагов). Ниже на примере описания опорного разреза 5-ИЗ рассмотрим основные морфологические особенности агросерой типичной почвы зоны сельскохозяйственного назначения в северо-восточной части г. Львова.

Разрез 5-ИЗ. Средняя часть полого склона северной экспозиции, $h=207$, пашня.

Р 0-10(12) см - темно-серый, свежий, среднесуглинистый, комковатый, признаки глыбистой структуры, тонкие корни, постепенный переход.

АЕЛ 10(12)-20(23) см - светлее предыдущего, свежий, комковатый, среднесуглинистый, плотный, тонкие корни трав.

ЕLBT1 20(23)-30(32) см - неоднородно окрашенный, желто-бурый, свежий, прокрашен гумусом, среднесуглинистый, плотноватый, ореховатый, тонкие корни трав.

BT1E1 30(32)-45 см - бурый с желтоватым оттенком, свежий, среднесуглинистый/тяжелосуглинистый, плотноватый, ореховатая структура.

BT1 45-65 см - желто-бурый, свежий, с единичными корнями, белесая присыпка, тяжелосуглинистый, плотный, ореховатая структура, переход постепенный.

BT2 65-70 см - темно-бурый с коричневатым оттенком, свежий, тяжелосуглинистый, плотный, ореховатая структура.

В агросерых типичных почвах отмечается снижение содержания гумуса, утяжеление гранулометрического состава. Для них характерно осветление па-

хотного слоя и трансформация пылевато-ореховато-комковатой структуры в глыбистую. Тонкие глинистые частицы вымываются в подпахотный слой, кольматируют его поры, способствуя образованию уплотненного горизонта – плужной подошвы. При этом по обеспеченности агропочв подвижными формами калия и фосфора наблюдается значительное варьирование. Среднее содержание подвижных форм калия и фосфора в выборке из 25 проб составляет 10(7–12) и 15(12–18) мг/100 г соответственно. Содержание фосфора в валовой форме очень низкое и варьирует от 0,093 до 0,187%.

Одним из диагностических признаков деградации почв является снижение содержания гумуса. В.В. Докучаев выделил на территории Курской области с запада на восток три меридиональные зоны с содержанием гумуса в 2–4, 4–7 и 7–10%. Свообразными орографическими барьерами или водоразделами–границами между ними служат Фатеж-Льговская и Тимско-Щигровская гряды, разделяющие фоновые массивы серых лесных почв, черноземов выщелоченных и черноземов типичных. Ареал исследованных агросерых почв Льговского района попадает в диапазон с содержанием гумуса 2–4%.

Скорости и потенциал развития деградационных процессов на фоне в целом близких агрогенных факторов (вида и длительности землепользования, почвозащитной способности сельскохозяйственных культур и применяемых агротехнологий) сильно варьируют в зависимости от локальных сочетаний литолого-геоморфологических и почвенных факторов. К ним, как правило, относятся положение почвы в рельефе, генетический подтип (или род) почв, гранулометрический состав и мощность гумусового профиля.

Данные таблиц 6 и 7 демонстрируют значимое снижение мощности пахотного горизонта и содержания гумуса в агросерых почвах по сравнению с серыми. Увеличение в агросерых почвах в горизонте Р содержания ила и физической глины связано с агролессиважем, а показателей твердости в горизонте АЕЛ – с подплужной подошвой. Не значимые различия отмечаются только для рНвод, при этом в агросерых почвах выражена тенденция к подщелачиванию.

Таблица 6 – Свойства серых и агросерых типичных почв

Горизонт, глубина, см,	Глубина отбора, см	Гумус, %	рН вод.	<0.001 мм	<0.01 мм	Плотность, г/см ³	Твердость, мм	Кд*
Серая типичная, разр. 2-ИЗ								
AY, 0–10	0–10	2.43	6.8	8.8	23.4	Не опр.	12–14	Не опр.
AEL, 10–31	10–20	1.50	6.5	6.7	21.7	»	15–18	»
ELB, 31–60	40–50	Не опр.	6.5	17.1	30.0		Не опр.	
BT1, 60–70	60–70	»	6.3	20.2	32.2		»	
BT2, 70–98	80–90	»	6.3	18.5	29.5		»	
Агросерая типичная, разр. 5-ИЗ								
P, 0–10(12)	0–10	2.00	7.3	19.4	34.1	1.15	18–21	2
AEL, 10(12)–20(23)	10–20	1.95	7.0	19.7	34.0	1.30	33	4–5
ELBT1, 20(23)–30(32)	20–30	1.86	6.9	20.7	34.5		Не опр.	
BT1EL, 30(32)–45	30–40	1.01	6.9	24.0	39.2		»	

* Кд – коэффициент дисперсности.

Примечание. M – среднее арифметическое, σ – стандартное отклонение, V – коэффициент вариации; сравнение выборок по свойствам серых и агросерых типичных почв с помощью непараметрических критериев (серийного и Вилкоксона); знак “=” означает, что нулевая гипотеза подтверждается (почвы не различаются по данному свойству), знак “+” фиксирует наличие значимых различий между сравниваемыми выборками.

Таблица 7 – Статистические показатели свойств серых и агросерых типичных почв при агротехногенном турбационно-аккумулятивном тренде развития

Параметр	Мощность гор. AY+AEL и P+AEL, см	Гумус, %	рН вод	<0.001 мм	<0.01мм	Кд		Твердость, мм	
						0–10	10–20	0–10	10–20
Серые типичные почвы (выборка из 8 разрезов)									
M	30.8	2.42	6.60	9.6	21.8	Не опр.		12	17
σ	2.1	0.23	0.15	1.7	4.9	»		1.6	2.1
$V, \%$	6.9	9.50	2.3	17.7	22.5			13	12
Агросерые типичные почвы (выборка из 15 разрезов)									
M	20.1	1.96	6.9	20.3	35.9	2	4	16	28
σ	2.0	0.41	0.21	4.5	3.6	1	1	8.5	3.1
$V, \%$	10.0	20.9	3.0	22.2	10.0	50	25	53	11
Серийный критерий	+	+	=	+	+	Не опр.		+	+

Одновременно с качественным изменением свойств в агропочвах меняется распределение элементов-загрязнителей. В агросерых почвах, имеющих преимущественно нейтральную среду, агротурбации и техногенная аккумуляция ТМ «затушевывают» фоновую элювиально-иллювиальную дифференциацию (рисунок 8).

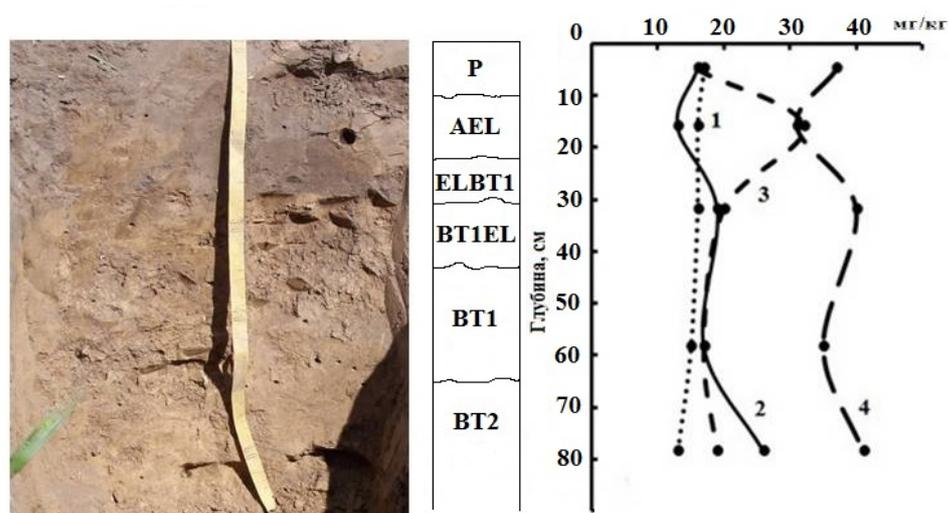


Рисунок 8 – Морфологическое строение агросерой типичной почвы (р. 5-ИЗ); Распределение тяжелых металлов (мг/кг) в агросерой типичной почве: 1 – Pb, 2 – Ni, 3 – Cu, 4 – Zn

Максимальные содержания ТМ приурочены к нижней части пахотного слоя – «плужной подошве», обычно расположенной на глубине 22-35 см (рисунок 8). На этом новом геохимическом барьере, сформированном в результате интенсивного агротехногенного преобразования, накапливаются многие токсичные микроэлементы (Zn, Cu, Pb), поступившие в почвы, в частности, из минеральных удобрений. Второй максимум накопления этих элементов, приуроченный к текстурным горизонтам ВТ2 профиля, выражен только для Ni и Zn (рисунок 8). В условиях регулярного внесения навоза и дополнительного полива на садово-огородных участках индивидуальной жилой застройки происходит создание новых глубоко преобразованных почв с повышенным содержанием гумуса (6-9%) и хорошей структурой ($K_d=2$). Это в полной мере относится ко всем природным почвам территории города. Анализ агрохимического состояния агропочв показал, что агрогенно-проградационные процессы наблюдаются на 13 из 14 обследованных садово-огородных участках, но выражены они в разной степени.

Миграционно-мицелярные агрочерноземы на садово-огородных участках доминируют по площади, более интенсивно используются и лучше удобряются по сравнению с агросерыми почвами и агрогумусовыми аллювиальными. Вероятно, поэтому проградационный компонент трансформации генетических профилей в агросерых почвах и агрогумусовых аллювиальных выражен слабее. В верхней части этих почв отмечается незначительное (в среднем на 5 см) увеличение мощности агрогумусовых горизонтов и некоторое улучшение их структурного состояния, что согласуется с данными И.И. Васенева.

2. Постагрогенный природоподобный тренд. С прекращением земледелия и зарастанием пашни луговой растительностью агрогенное направление сменяется постагрогенным. Как показали исследования и анализ литературных материалов, в условиях многолетней стабильности поверхности агросерой почвы и условий почвообразования начинают восстанавливаться горизонты, характерные для фоновых почв, происходит медленное самоочищение от тяжелых металлов.

Морфологические свойства и аналитические данные свидетельствуют, что постагрогенные изменения приводят к образованию дернины и формированию органоминеральных горизонтов – аналогов целинных почв. С течением времени подпахотный горизонт постепенно трансформируется в нижерасположенный горизонт фоновой почвы, при этом меняется агрегатная организация, состав и размеры педов, ориентация кутан. В почвах увеличивается количество водоустойчивых агрегатов, о чем свидетельствует уменьшение величины K_d с 4–5 до 1–3 (рисунок 9).

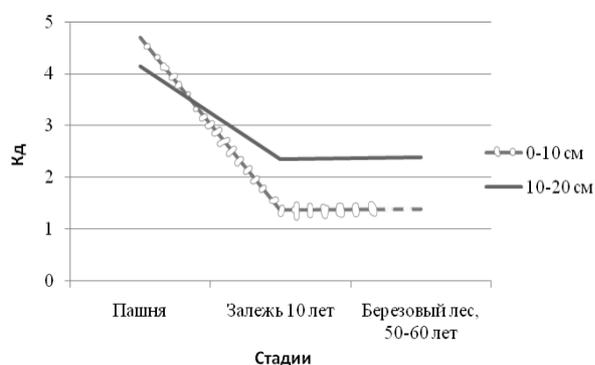


Рисунок 9 – Изменение коэффициента дисперсности агросерых почв на стадиях естественного зарастания разнотравьем и древесно-кустарниковыми породами

Полученные данные демонстрируют изменения в структуре и плотности. Комковато-глыбистая структура трансформируется в комковато-мелкозернистую, величина равновесной плотности пахотного и подпахотного горизонтов снижается до $1.0\text{--}1.2\text{ г/см}^3$, твердость – до $20\text{--}25\text{ мм}$.

Через $50\text{--}75$ лет под березовым лесом с подлеском и развитым травяным покровом восстанавливается агрономически ценная комковато-зернистая структура и происходит постадийная трансформация верхней части профиля агросерых почв с развитием фонового субпрофиля аккумулятивно-элювиально-иллювиального типа, который, как правило, отличается пониженной мощностью и слабо выраженными диагностическими признаками. В то же время за указанный период почва еще сохраняет агропризнаки, такие как следы былой распашки в виде маломощных остатков пахотного горизонта, локально запаханые осветленные горизонты и элементы глыбистой структуры.

При зарастании залежных почв травяной и древесно-кустарниковой растительностью изменяется верхняя часть их гумусового профиля. В агросерых почвах в первые 10 лет зарастания разнотравьем можно отметить определенную тенденцию к увеличению гумусированности бывшего пахотного горизонта и дифференциации всей прогумусированной толщи профиля (рисунок 10).

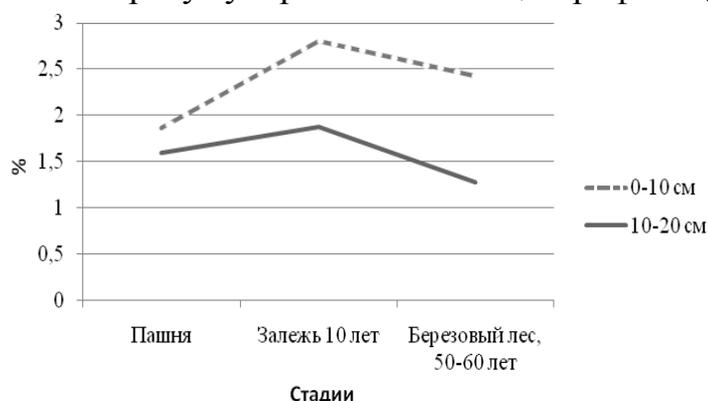


Рисунок 10 – Содержание гумуса в агросерых почвах на стадиях естественного зарастания разнотравьем и лесными породами

3. *Урбоседиментационный хемогенный тренд.* Формирование «истинно» городских почв (по М.Н.Строгановой) – с новыми горизонтами, как природо-подобными, так и искусственными, встроенными в остатки исходного профиля – урбопочв и урбаноземов имеет широкое распространение в селитебных, общественно-деловых и транспортно-промышленных функциональных зонах города. Как видно из описаний разрезов, все исследованные урбопочвы имеют общие черты. Почвенный материал обычно частично срезан с поверхности и на глубину 0,3-0,5 м и более перемешан путем добавления, погребения или загрязнения материалом промышленного и/или урбаногенного происхождения (урбик U), в том числе строительно-бытовым мусором.

Ниже на примере описания урбосерой почвы рассмотрим их основные морфологические черты.

Разрез 3-АК. Надпойменная терраса р. Сейм, улица Фрунзе, вблизи д.16.

A1U1hca 0-3 см - серый, сухой, средний суглинок, признаки комковатости по корням трав, плотноватый, включений нет, вскипает от HCl. Переход резкий.

U2ca 3-17 см - шлак темно-серый с примесью обломков красного кирпича, плотный, единичные корни трав. Не вскипает от HCl.

U3ca 17-24 - светло-бурый с желтоватым оттенком, свежий, средний суглинок с примесью шлака и кирпича, бесструктурный, плотноватый, единичные корни трав. Вскипает от HCl.

V1ELca 24-37 см - неоднородный по окраске и гранулометрическому составу: сочетание бурого тяжелосуглинистого и белесого с желтоватым оттенком среднесуглинистого карбонатного материала, свежий, структура глыбисто-ореховатая, плотноватый, единичные корни трав. Энергично вскипает от HCl.

BT1 37-56 см - бурый с желтоватым оттенком, свежий, средне- и тяжелосуглинистый, структура призмовидно-ореховатая, плотный, единичные обломки карбонатов, корни трав. Общая масса слабо вскипает от HCl.

BT2₁ 56-70 см - бурый с желтоватым оттенком, свежий, тяжелосуглинистый, призмовидно-ореховатая структура, плотный, единичные обломки карбонатов, корни трав. Общая масса слабо вскипает от HCl.

BT2₂ca 70-115 см – сходен с вышележащим горизонтом, но значительно больше обломков карбонатов в общей массе, энергично вскипает от HCl.

Антропогенно-преобразованные почвы города (урбосерые и урбочерноземы) имеют преимущественно суглинистый гранулометрический состав, слабощелочную и/или щелочную реакцию (7,1–8,5), среднее и высокое содержание органического вещества (4–8%). Урбочерноземы отличаются высоким содержанием карбонатов (до 16%). Такие физико-химические и химические свойства почв способствуют накоплению ТМ в их поверхностных горизонтах.

В результате антропогенных изменений естественных почв различной природы (усечение, привнос твердофазного и хемогенного материала разного состава и др.) распределение элементов-загрязнителей существенно трансформируется за счет техногенной аккумуляции ТМ в верхних горизонтах (таблица 8; рисунок 11).

Таблица 8 – Содержание тяжелых металлов в урбосерой почве на карбонатных лессовидных суглинках, мг/кг

Горизонт, глубина, см	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Pb	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
A1U1hca, 0-3	22	17	51	19	4	21	70	144	33	503	14
U2ca, 3-17	41	22	24	16	-	7	40	149	21	145	10
U3ca, 17-24	19	14	85	9	5	15	53	93	27	484	14
B1ELca, 24-37	21	16	39	11	-	13	72	153	31	483	15
BT1, 37-56	22	17	43	14	6	12	82	105	33	545	14
BT2 ₁ , 56-70	21	14	43	17	-	15	76	119	33	518	15
BT2 _{2ca} , 70-115	25	15	34	10	4	13	74	126	30	525	17
Фон	30	23	62	10	-	25	84	106	30	450	15

В урбосерых почвах биогеохимический барьер, характерный для природных аналогов, разрушается, а в верхней техногенной насыпной толще (урбик U, 0-24 см) формируется новый комплексный техногенный (ТГ) высокочемкий геохимический барьер сложного генезиса (рисунок 12). На нем накапливаются некоторые токсичные микроэлементы I и II классов опасности, поступившие в городские почвы, в частности из шлаков, такие как Zn (85 мг/кг), Ni (41 мг/кг), Pb (21 мг/кг), Cu 22 (мг/кг), As (5 мг/кг) и другие.

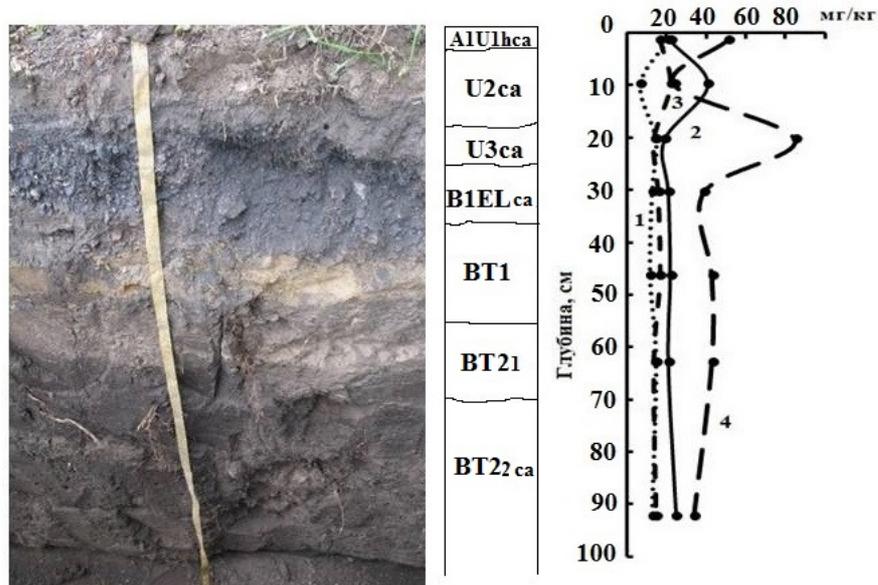


Рисунок 12 – Морфологическое строение урбосерой почвы (р. 3-АК); Распределение ТМ в профиле урбосерой почвы:

1 – Pb, 2 – Ni, 3 – Cu, 4 – Zn

Сорбционный геохимический барьер в горизонте BT прослеживается только для цинка, который, как и в фоновой почве, закрепляется за счет фиксации оксидами и гидроксидами железа, органическим веществом и тонкодисперсными фракциями мелкозема. Таким образом, естественные процессы почвообразования (иллювирирование глины и гумуса и др.), формирующие геохи-

мические барьеры, а также техногенные процессы, характерные для урбосерых почв, в совокупности приводят к дифференцированному характеру накопления валовых форм ТМ по их вертикальному профилю.

В центре г. Льгова (правый берег р. Сейм), который относится к зоне древнего поселения XVII–XVIII вв., исходные типичные карбонатные черноземы перекрыты культурным слоем (КС) мощностью около 1,5 м, который сформировался за период существования города. Эта порода является материнской для урбаноземов, представляющих собой систему слоев (урбик U) с большим количеством мусора, обломочного материала, в т. ч. мергеля, отдельных горизонтов погребенных почв. В толще КС встречаются древесный материал (дуб, тополь, осина), остатки каменной мостовой, кирпичные кладки от фундаментов разрушенных домов и т.д..

Ниже на примере описания опорного разреза 1-АК рассмотрим основные морфологические особенности урбанозема, сформированного на культурных слоях в правобережной части города.

В обнажении, вскрытом при строительстве здания, были выделены следующие горизонты (слои):

U1ca – 0-10 см – неоднородно окрашен, структура плохо выражена, неясно-комковатая, опесчаненный средний суглинок, песчаный материал желто-бурого цвета, вскипает от HCl.

U2ca – 10-22 см – темно-бурый, зернисто-комковатый, средний суглинок. Много включений обломков пород разного состава. Вскипает сильнее от HCl, чем вышележащий.

U3ca – 22-32 см – неоднородно окрашен, состоит из обломков мергеля, частиц мелкого кирпича и суглинистого материала, бурно вскипает от HCl, включения частиц дуба.

U4ca – 32 – 50 см – серый с белесыми включениями, комковато-зернистый, средний суглинок/тяжелый суглинок, тонкие корни трав, включения бытового мусора. Бурно вскипает от HCl. В нижней части горизонта включения битого кирпича, в средней - целого (кирпичная отмотка). Между двумя этими слоями лежит прослойка неоднородного материала, состоящего из бурого суглинистого материала и обломков мергеля.

U5ca – 50-60 см – неоднородный по цвету, бурый с темно-серыми включениями, легкий суглинок, включения обломков кирпича и мергеля, бурно вскипает от HCl.

U6ca – 60-70 см – бурый с оттенками серого и желто-бурого цвета, легкий суглинок, бесструктурный, встречается примесь обломков кирпича и неоднородного суглинистого материала с включениями углистых частиц. Бурно вскипает от HCl, встречается древесный материал: фрагменты частиц осины, тополя, ели и березы.

U7ca – 70-82 см – неоднородно окрашенный, бурый с оттенками серого цвета, вкрапления белесого материала, легкий суглинок, в нижней части горизонта опесчаненный, структура не выражена. В верхней части горизонта включения углистых частиц и обломков кирпича (крошится), полости которого за-

полнены глинистым материалом. Бурно вскипает от HCl. Включения частиц хвойных деревьев (очень мелкие фрагменты) и березы.

U8ca – 82-90 см – представляет собой смесь мергеля и карбонатного материала, цвет неоднородный, преобладают серые оттенки, включения материала серых оттенков и с небольшим количеством темноцветного мелкозема, тяжелый/средний суглинок. Бурно вскипает от HCl.

U9ca – 90-100 см – неоднородного цвета, темные тона окраски с пятнами ржаво-бурого, неоднородный по гранулометрическому составу: средний/тяжелый суглинок. Большое количество углистых частиц, примесь обломков мергеля. Встречаются разложившиеся корни дуба и ивы. Бурно вскипает от HCl.

U10ca – 100-110 см – серый, тяжелый суглинок, включения строительного материала и обломков мергеля. Бурно вскипает от HCl.

[AUca] – 110 – 140 см – темно-серый, тяжелый суглинок, комковатый, вскипает от HCl.

[BCca] – 140 – 150(55) см – бурый с сероватым оттенком, тяжелый суглинок, структура плохо выражена, бурно вскипает от HCl.

D1ca – 150(55) – 170 см – мергель светло-желтого цвета, бурно вскипает от HCl.

Почвы, сформировавшиеся на древних КС, сильнощелочные (рНвод.=8,0-9,0), характеризуются низким содержанием органического вещества (1,5-3,9%), высоким - карбонатов (4,4-21,7%) и валового фосфора (0,2-1,9%). По химическим свойствам они, в целом, не отличаются от КС античных городов: Фанагория, Гермонасса-Тамань, Танаис и др..

Урбаноземы часто содержат повышенное количество ряда ТМ, приближающееся к уровню загрязнения вокруг современных источников техногенных выбросов (таблица 9; рисунок 13).

Таблица 9 – Содержание микроэлементов в урбаноземе среднемощном на черноземе типичном карбонатном в правобережной части г. Львова, мг/кг

Горизонт (слой)	Глубина, см	Микроэлементы									
		Cu	Pb	Ni	Zn	Ga	Rb	Y	Zr	Sr	Nb
U1ca	0-10	24	24	28	256		44	18	187	165	10
U2ca	10-22	24	25	14	313	7	40	14	294	169	5
U3ca	22-32	22	27	14	74	6	50	16	199	266	7
U4ca	32-50	27	44	14	124	9	51	18	216	363	11
U5ca	50-60	4	103	9	206	7	38	17	276	147	8
U6ca	60-70	46	153	16	166	12	26	16	206	216	6
U7ca	70-82	29	58	9	63	5	28	11	149	107	4
U8ca	82-90	33	42	12	74	4	50	16	162	491	10
U9ca	90-100	43	45	20	113	9	78	19	240	291	10
U10ca	100-110	23	11	14	96	7	80	20	208	393	9
[AUca]	110-140	27	17	17	149	12	117	15	228	218	12
[BCca]	140-150	17	8	22	55	11	86	17	193	296	7
D1ca	150-170	9	6	16	44	12	60	14	116	596	8
Средний фон по Курской области		23	25	30	62	10	84	30	450	106	15

*Полужирным шрифтом выделены значения, превышающие фоновые

Существенные содержания ($K_c=2-6$) отмечены для Zn в 6 слоях урбанозема: 0–10, 10–22, 32–50, 50–60, 60–70 и 110–140 см, Pb в трех слоях: 50–60, 60–70 и 70–82 см, а также Cu в слое 60–70 см (таблица 10, рисунок 14). Практически во всех горизонтах урбанозема наблюдаются также повышенные концентрации Sr, что, главным образом, связано с наличием в них обломков мергелей, обогащенных этим элементом.

Таблица 10 – Коэффициенты техногенной концентрации и суммарный показатель загрязнения в урбаноземе среднемощном на черноземе типичном карбонатном в правобережной части г. Львова

Горизонт (слой)	Глубина, см	Микроэлементы										
		Cu	Pb	Ni	Zn	Ga	Rb	Y	Zr	Sr	Nb	Zc
U1ca	0-10	1,0	1,0	0,9	4,1	0,0	0,5	0,6	0,4	1,6	0,7	4,7
U2ca	10-22	1,0	1,0	0,5	5,0	0,7	0,5	0,5	0,7	1,6	0,3	5,6
U3ca	22-32	1,0	1,1	0,5	1,2	0,6	0,6	0,5	0,4	2,5	0,5	2,5
U4ca	32-50	1,2	1,8	0,5	2,0	0,9	0,6	0,6	0,5	3,4	0,7	5,2
U5ca	50-60	0,2	4,1	0,3	3,3	0,7	0,5	0,6	0,6	1,4	0,5	6,4
U6ca	60-70	2,0	6,1	0,5	2,7	1,2	0,3	0,5	0,5	2,0	0,4	9,8
U7ca	70-82	1,3	2,3	0,3	1,0	0,5	0,3	0,4	0,3	1,0	0,3	2,3
U8ca	82-90	1,4	1,7	0,4	1,2	0,4	0,6	0,5	0,4	4,6	0,7	5,3
U9ca	90-100	1,0	1,8	0,7	1,8	0,9	0,9	0,6	0,5	2,7	0,7	5,2
U10ca	100-110	1,0	0,4	0,5	1,5	0,7	1,0	0,7	0,5	3,7	0,6	4,2
[AUca]	110-140	1,2	0,7	0,6	2,4	1,2	1,4	0,5	0,5	2,1	0,8	3,5
[BCca]	140-150	0,7	0,3	0,7	0,9	1,1	1,0	0,6	0,4	2,8	0,5	2,8
D1ca	150-170	0,4	0,2	0,5	0,7	1,2	0,7	0,5	0,3	5,6	0,5	5,6

*Полужирным шрифтом выделены значения $K_c > 2$

Загрязнение КС г. Львова металлами, в отличие от современного накопления микроэлементов, имеет локальный устойчивый характер и не выходит за пределы самой древней части города. Это согласуется с известным фактом крайне медленного самоочищения почв от тяжёлых металлов.

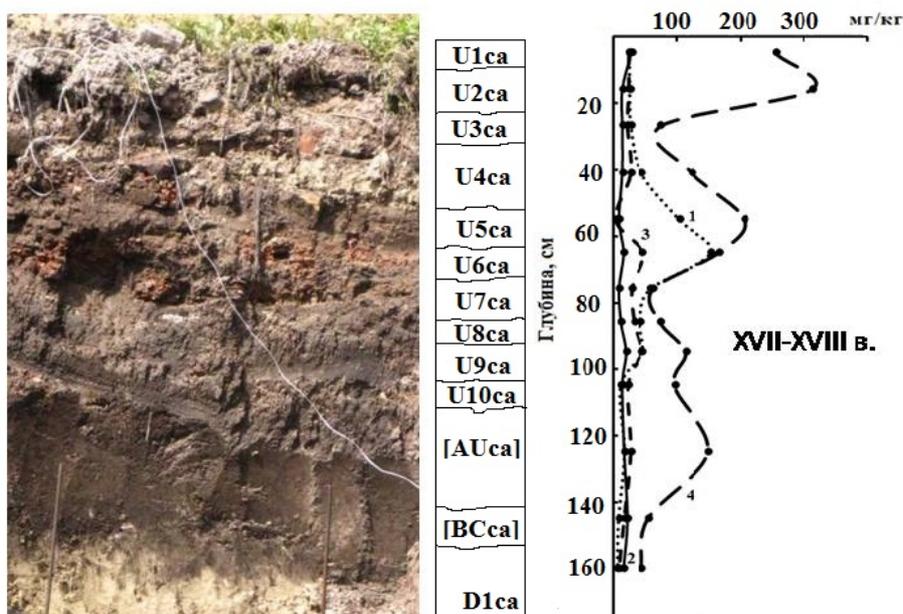


Рисунок 14 – Морфологическое строение урбанозема (р. 1-АК); Распределение ТМ в профиле урбанозема: 1 – Pb, 2 – Ni, 3 – Cu, 4 – Zn

Имеющиеся археологические данные подтверждают, что накопление ТМ в средней и нижней части профиля урбанозема (глубины 32-140 см, XVII-XVIII вв.) связано с металлургией того времени, ювелирным делом, производством оружия, стекла, строительных и отделочных материалов. Наглядный пример - в пластах раскопа Люшинского городища (Льговский р-н) обнаружены изделия из стекла (фрагменты зеленого и черного браслетов), бронзы (перстень пластинчатый орнаментированный, браслет орнаментированный, согнутый в два соединенных между собой кольца), шила, ножи из железа, гарпун, пряслица и обломок литейной формы из мергеля.

4. *Техноседиментационный тренд* реализуется на не действующих с середины 90-х годов полях (картах) фильтрации сахарного комбината, в южной части города. Примером могут служить стратоземы темно-гумусовые карбонатные тяжелосуглинистые, сформированные путем постепенных (периодических поступлений) добавок твердофазного минерального и органического материала (субстрата или дефеката - отходов сахарного производства). В «Классификации и диагностике почв СССР» типам стратоземов частично соответствуют внеклассификационные единицы мощных искусственно-аккумуляированных почвогрунтов.

Ниже на примере описания опорного разреза 7-АК рассмотрим основные морфологические особенности стратозема, заложенного на дне высохшего отстойника в южной части полей фильтрации (51.63 с.ш., 35.24 в.д), примерно в 250-300 м к югу от трассы Курск-Рыльск и пруда в пойме р. Апока. Напочвенный покров злаково-разнотравный.

AУса 0-10 см - темно-серый, свежий, тяжелый суглинок, комковатая структура, рыхлый, много неразложившихся корней тростника, тонкие корни, единичные дождевые черви, бурно вскипает от HCl, постепенно переходит в нижележащий горизонт.

RY1ca 10-20 см - темно-серый с признаками перегнойности, мажется (пачкает пальцы), влажноватый, тяжелый суглинок, комковатая структура, плотноватый, твердость 15,3 мм, бурно вскипает от HCl, переход постепенный.

RY2ca 20-35(38) см - черный, перегнойный, тяжелый суглинок, плотноватый, твердость 15,5 мм, структура плохо выражена, слабые признаки комковатости, много неразложившихся корней тростника, бурно вскипает от HCl.

RY3Dca 35(38)-40(45) см - неоднородный по цвету и гранулометрическому составу, чередование темно-серого и сизовато-бурых охристых участков, влажноватый, тяжелый суглинок/легкая глина, плотный, твердость 25 мм, единичные карбонатные выделения (прожилки), бурно вскипает от HCl.

D1gca 40(45)-60 см - бурый с желтоватым, местами сизоватым оттенком, влажный, большое количество карбонатных образований и ржаво-бурого карбонатного материала по трещинам и порам структурных отдельностей, тяжелый суглинок/легкая глина, структура не выражена, плотный, твердость 25 мм, бурно вскипает от HCl.

D2gca 60-80 см - бурый с сизоватым оттенком, влажный, легкоглинистый, плотный, значительно снижается количество карбонатного материала, бурно вскипает от HCl.

Глубина грунтовых вод – около 85 см.

Как видно из описания, профиль стратоземов однообразен: темная уплотненная, за исключением верхнего горизонта, толща с непрочно комковатой структурой, резко переходящая в почвообразующую (покровные суглинки) или подстилающую породу. Минимальная мощность антропогенного горизонта – 40-45 см. Однородны и аналитические характеристики техногенно созданных почв: щелочная реакция среды не меняется по всему профилю, гумус также равномерно распределен по всей глубине, его содержание составляет 3,57-3,22%.

Расчет коэффициентов техногенной концентрации ТМ в стратоземах темногумусовых полей фильтрации показал, что во всех искусственно- аккумулятивных горизонтах содержания их валовых форм соответствуют фоновым значениям (рисунок 15, таблица 11; Кс варьирует от 0,6 до 1,1).

Таблица 11 – Содержание тяжелых металлов (мг/кг) I и II класса опасности в стратоземах темно-гумусовых на полях фильтрации сахарного комбината (г. Льгов, 2015 г.)

Горизонт	Глубина, см	Ni	Cu	Zn	Pb
<i>Стратозем темногумусовый, р. 7-АК</i>					
AУca	0-10	21	23	62	16
RY1ca	10-20	23	28	62	16
RY2ca	20-35	30	19	44	15
RY3Dca	35-45	25	19	47	12
D1gca	45-60	17	17	39	17
ПДК		85	50	220	130
Средний фон по Курской области		30	23	62	25

Распределение Ni и Pb по профилю малоконтрастно. Лишь отмечается небольшое повышение концентраций Zn (62 мг/кг) и Cu (26 мг/кг) в поверхностных горизонтах стратозема по сравнению с подстилающей породой (Zn-39; Cu-17 мг/кг).



Рисунок 15 – Морфологическое строение стратозема темно-гумусового карбонатного тяжелосуглинистого (р.7-АК)

4. *Запечатывание.* Почвы под покрытиями в разных функциональных зонах относятся к особому подтипу городских почв – экраноземам.

Формирование экранированных почв представляет собой своеобразный тренд трансформации всех типов городских почв – *запечатывание*, в результате которого меняются водный, температурный и газовый режимы почв. Известно, что искусственные материалы и покрытия, применяемые в городской среде, а также здания, имеющие большую поглощающую поверхность, нагреваются сильнее, чем почвы открытых поверхностей.

ГЛАВА 3. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ

3.1 Методика оценки негативных природных и антропогенных нагрузок на агроландшафты

При разработке методики была поставлена задача нахождения показателей, которые, являясь индикатором на региональном уровне, смогут отразить наиболее важные характеристики экологической устойчивости агроландшафта, при этом, не требуя проведения высокочатратных проектно-изыскательских работ. Важным критерием являлся приоритет использования статистических и иных данных муниципальных и региональных органов.

Выбранный масштаб исследования соответствует региональному уровню, и рассматривает в качестве операционных территориальных единиц территории в границах муниципальных образований - районов, городских и сельских поселений, с определением последних как минимальной единицы деления.

Исследования на региональном уровне не позволяют получить точную информацию относительно конкретного объекта землевладения и землепользования, а, следовательно, и обеспечить эффективное их управление, однако при осуществлении общего анализа ситуации возможна выработка общей политики в области управления и использования земельных ресурсов.

Эколого-ландшафтная организация территорий, адаптивно-ландшафтная система земледелия, основанные на подходе рационального использования земельных угодий с учетом различных условий местности, требуют обязательного соблюдения экологических законов и норм допустимой антропогенной нагрузки.

Современной проблемой оценки антропогенной нагрузки на агроландшафты является отсутствие единых четко выраженных норм, методик и методов определения. Проблематика же природной нагрузки остается недостаточно изученной, и редко затрагивается исследователями.

Исторически сложившееся районирование сельскохозяйственного производства за долгие годы выделило регионы, наиболее приемлемые для того или иного аграрного использования, однако в условиях необратимого глобального потепления климата возрастает актуальность исследования и оценки природных и антропогенных нагрузок, их прогнозирования и принятия заблаговременных мер к уменьшению ущерба от их воздействия.

Согласно разработанной автором методике, при расчете и природной и антропогенной нагрузок использовалась распространенная пятибалльная шкала, в которой за 1 балл принимается незначительный уровень воздействия фактора (в нашем случае рассматривается уровень антропогенной и природной нагрузки), а за 5 баллов - критический (или очень высокий) уровень (Таблица 12).

Таблица 12– Бальная шкала уровня антропогенной и природной нагрузки

Уровень нагрузки	Балл
критический (крайне высокий)	4-5
высокий	3-4
средний	2-3
низкий	1-2
незначительный	<1

Оценку природной нагрузки на агроландшафт было решено проводить по методике предложенной автором, через нагрузку от ливневого, ветрового и температурного воздействия.

Для выполнения исследования нами, путем анализа специальной литературы, были выбраны следующие показатели:

ливневая нагрузка: отношение наблюдений, зафиксировавших ливневые погодные явления к общему числу наблюдений (k_1);

ветровая нагрузка: отношение наблюдений, зафиксировавших умеренную и высокую скорость ветра (6 м/с и более) к общему числу наблюдений (k_2);

нагрузка высоких температур: отношение наблюдений зафиксировавших высокую температуру воздуха (25 °С и более) к общему числу наблюдений (k_3);

нагрузка низких температур: отношение наблюдений зафиксировавших низкую температуру воздуха (-15 °С и менее) к общему числу наблюдений (k_4).

Расчет уровня природной нагрузки проводился по формуле выведенной автором:

$$УПН = \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N} \cdot 100 \right)^{1+n_i/N}, \quad (4)$$

где УПН - уровень природной нагрузки;

i - номер показателя;

s - количество показателей;

n_i - количество наблюдений показателя;

N - общее число наблюдений.

Разработанная методика базируется на определении вероятности наступления события негативного воздействия, и вероятности того, что данное повторится вновь, увеличив тем самым его негативное влияние на агроландшафт.

Представленная авторская формула учитывает вероятность повторения события негативного воздействия конкретного фактора.

Поскольку влияние рассматриваемых нагрузок на агроландшафты не является критическим, в отличие от опасных природных явлений, мы считали их воздействие условно одинаковым.

Согласно графику построенной функции (Рисунок 16) значение уровня природной нагрузки (УПН) будет стремиться к критическому воздействию (принятому за 100) при приближении коэффициента негативного природного воздействия (k_i) к значению 0,28 (28%). Исходя из этого значения, переходим к балльному показателю уровня природной нагрузки (Таблица).

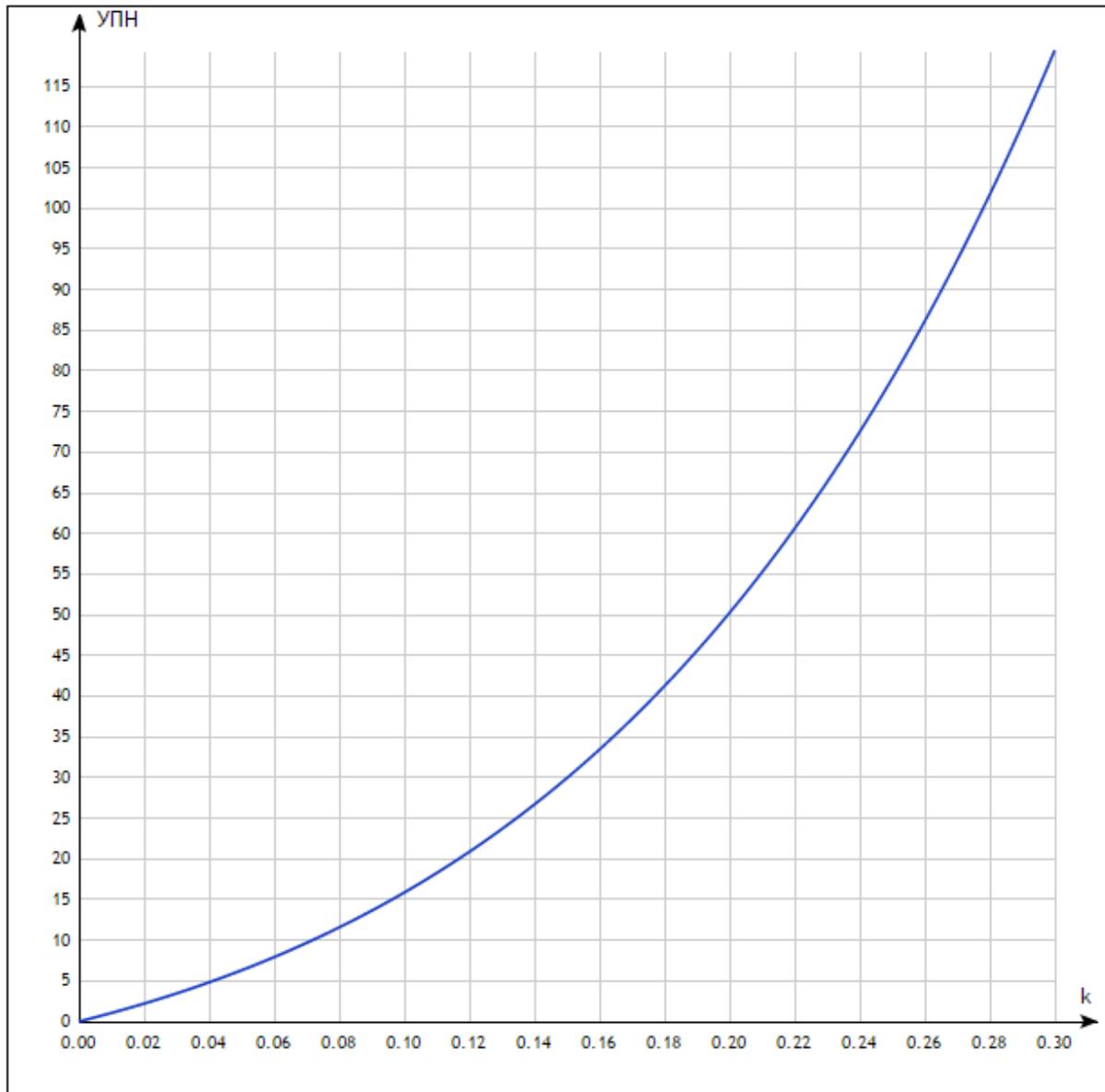


Рисунок 16 – График зависимости уровня природной нагрузки (УПН) значения коэффициента показателя негативного природного воздействия

Переход к балльному показателю уровня природной нагрузки (ПНБ) производится через значение коэффициента природной нагрузки ($K_{ПН}$), по формуле:

$$K_{ПН} = \frac{УПН}{s}, \quad (5)$$

где: $K_{ПН}$ - коэффициента природной нагрузки.
 УПН - уровень природной нагрузки,
 s - количество показателей,

Таблица 13 – Балльная оценка коэффициента природной нагрузки

Значение	Балльная оценка				
	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов
$K_{ПН}$	<5,00	5,00-11,00	11,01-18,00	18,01-25,00	>25,00

По оценке антропогенной нагрузки на агроландшафты в научных источниках представлены разнообразные методики, рассмотренные нами ранее, которые условно можно выделить в несколько групп:

- оценка через соотношение площадей земель различной классификации;
- оценка через статистическую информацию о количестве воздействующего фактора;
- оценка по степени нарушенности территории в результате антропогенного воздействия.

В ходе анализа работ различных авторов, обращающих внимание на вопросы оценки антропогенной нагрузки на агроландшафты были выделены и объединены в новую методику показатели, являющиеся, как наиболее значимыми, так и в ходящими в перечень показателей за которыми ведется контроль на региональном и муниципальном уровнях.

В состав проведенной комплексной оценки антропогенной нагрузки, согласно авторской методике, вошли следующие показатели:

- X_1 - доля сельскохозяйственных угодий в общей площади земель, %,
- X_2 - доля пашни к площади сельскохозяйственных угодий, %,
- X_3 - количество внесения минеральных удобрений (в пересчете на 100% питательных веществ), кг на 1 га пашни,
- X_4 - доля мелиорируемых земель к площади сельскохозяйственных угодий, %,
- X_5 - доля застроенных земель в общей площади земель, %,
- X_6 - животноводческая нагрузка, усл. голов на кв. км,
- X_7 - интенсивность развития промышленного производства,
- X_8 - плотность сельского населения, человек на 1000 га сельскохозяйственных угодий.

Значения показателей по муниципальным районам приведены в приложении. В таблице приведена балльная оценка по 8 выбранным показателям (Таблица 14).

Поскольку в сбор информации статистических сведений по видам и интенсивности антропогенного воздействия ведется в пределах муниципальных образований, то расчет нагрузок на агроландшафты проведен на базе 32 муниципальных районов Воронежской области (Борисоглебский район с 2008 года упразднен и является Борисоглебским городским округом).

Таблица 14 – Балльная оценка показателей

Номер показателя (i)	Балльная оценка показателя (Xi)				
	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов
1	<50	51-70	71-85	86-95	>96
2	<20	21-40	41-60	61-75	>76
3	<60	61-80	81-100	101-120	>121
4	<1	2-5	6-10	11-15	>16
5	<1	2-3	4-8	9-12	>13
6	<0,5	0,5-3,0	3,1-15,0	15,1-50,0	>50,1
7	Не промышленное	мало интенсивное	интенсивное	высоко интенсивное	Крайне интенсивное
8	<1	2-4	5-10	11-20	>21

Применение представленной оценки может быть целесообразным для любого из подуровней регионального уровня, при наличии соответствующей информационной базы. При переходе на локальный уровень данные оценки применимы в справочном порядке.

Дифференцированность значений показателей в качестве среднего квадратического отклонения (СКО) по области представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Среднее квадратическое отклонение для показателей*

Номер показателя (i)	1	2	3	4	5	6	7	8
СКО	0,49	0,48	0,61	0,00	0,77	0,37	0,89	0,51

Балльный показатель уровня антропогенной нагрузки (АН) рассчитывается по формуле предложенной автором:

$$АН_B = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n}}, \quad (6)$$

где $АН_B$ - уровень антропогенной нагрузки;
 X_i - показатель антропогенной нагрузки;
 i - порядковый номер показателя;
 n - количество показателей.

В расчете определяется среднее квадратическое значение, что позволяет выделить те показатели, которые имеют наибольшее влияние на уровень антропогенной нагрузки.

Интенсивное развитие сельскохозяйственного производства при достаточно высокой плотности населения привело в исторической перспективе к сильной антропогенной трансформации естественных ландшафтов практически по всей территории области. Поэтому, безусловно, Воронежская область отно-

сится к числу регионов, для которых определение уровня антропогенной нагрузки имеет важное как теоретическое, так и практическое значение.

3.2 Методика оценки экологической устойчивости агроландшафта

Экологическая устойчивость агроландшафтов не означает его абсолютной стабильности, и имеет диапазон колебания вокруг некоторого среднего значения. Причем, чем шире возможность смещения состояния, не влекущего за собой вредных, необратимых последствий, тем, более устойчивым можно считать аграрный ландшафт.

Исходя из рассмотренных ранее рекомендаций и существующих методик по оценке экологической устойчивости агроландшафтов, в предложенной методике за основополагающие приняты следующие суждения:

- под экологической устойчивостью агроландшафта нами принято понимать, способность экологической системы сохранять свою структуру и функции в процессе воздействия внутренних и внешних факторов;
- внешними факторами, влияющим на экологическую устойчивость для Воронежской области приняты рельеф, почвы и гидрографическая сеть, а, следовательно, в большей мере зависимый от них компонент деградации земель;
- экологическое состояние агроландшафта зависит от эколого-хозяйственной напряженности, тесно связанной со сбалансированностью стабилизирующих и дестабилизирующих угодий;
- биологическая продуктивность, определяемая внутренними свойствами фитоценозов и воздействием внешней среды (продукционно-деструкционными процессами), является важным показателем устойчивости агроландшафтов.

Ранее нами было определено, что выражение и оценка экологической устойчивости агроландшафтов производится через режимы органического вещества, состояние почвы и её биологической активности, реакцию среды, состояние агроценозов, биоценозов и др., что, свою очередь, можно отразить в трех группах основных показателей: физические (устойчивость литоосновы, противозэрозийная устойчивость); эколого-ландшафтные (степень антропогенной трансформации, экологическая инфраструктура); биологические (объем отчуждаемой биомассы, продуктивность сельскохозяйственных культур).

Исходя из этого, нами предложена и принята оценка экологической устойчивости через три показателя:

- отношение интенсивности деградации земель к природно-антропогенной нагрузке;
- отношение площади стабилизирующих угодий к дестабилизирующим;
- отношение фактической биологической продуктивности к ожидаемой.

Каждый из предложенных показателей характеризует устойчивость агроландшафтов со стороны соответственно физической, эколого-ландшафтной, и биологической составляющих.

Важным в нашем исследовании принят факт необходимости интегрального сопоставления различных показателей экологической устойчивости как категорий, т.е. их относительное выражение с общим началом отсчета, в равной мере характеризующих состояние агроэкосистемы как устойчивое.

При анализе относительных характеристик рассмотренных ранее применяемых методик оценки экологической устойчивости было установлено, что значение, равное 1 (единице) говорит либо о начальной позиции определения компонента как устойчивого (первый коэффициент экологической стабильности, фактор стабилизации агроландшафта), либо о приемлемо устойчивом состоянии (второй коэффициент экологической стабильности, соответствие технологической нагрузки экологической емкости агроландшафта). Во втором случае выявлено смещение к начальной позиции приблизительно на треть, например:

- значение $KЭСЛ2 \geq 0,67$, оцениваемое как стабильное при биотическом методе;
- начало отсчета обеспечения производительной и продуктивной устойчивости агроландшафта через соответствие антропогенной нагрузки экологической емкости с 70% (0,7).

Использование отношения интенсивности деградации земель к природно-антропогенной нагрузке (K_1), как одного из показателей разработанной методики, является целесообразным исходя из факта, что возможность восприятия более высокой нагрузки при меньших деградационных последствиях является следствием более высокой экологической устойчивости территорий.

Критерием проявления устойчивости агроландшафтов является его способность воспринимать внешние факторы в виде определенного уровня антропогенной и природной нагрузки, при этом сохраняя свою структуру (без деградации земель).

В том числе это подтверждаются историко-социальными исследованиями. Так, сложившаяся модель расселения и развития агропроизводства в Воронежской области, во многом подтверждает результаты проведенной оценки экологической устойчивости, при соответствии высокого уровня устойчивости наиболее социально и аграрно-развитым территориям. В районах, обладающих сравнительно высокой природной нагрузкой, наблюдается более низкий уровень воздействия человека, при этом устойчивость таких районов имеет низкие показатели.

Рассмотрение устойчивости почв к деградации, как способности к противостоянию внешним воздействиям, применяется исследователями, однако применение устойчивости почв к деградации, как одного из показателей оценки экологической устойчивости агроландшафтов ранее не использовалось.

Для оценки данного показателя необходимо определение природной и антропогенной нагрузки на агроландшафты, интенсивности их деградации. Определение нагрузок принято проводить по описанной выше разработанной автором методике. Для определения интенсивности деградации земель сельскохозяйственного назначения мы предлагаем использование методики определения интегрального балла интенсивности деградации земель сельскохозяйственного назначения (по Чеботареву П. М.). Дополнение данной методики заключается в переходе от бассейновой к ландшафтно-административной структуре, для приведения рассматриваемого блока данных к единому территориальному порядку и занесения в порайонную базу данных. Это позволит использовать дан-

ные по интенсивности деградации земель в рамках предлагаемой автором методики оценки экологической устойчивости.

$$ИД_B = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i \cdot B_i)}{S} \quad (7)$$

где $ИД_B$ - балл интенсивности деградации земель района;
 S_i - площадь части водосборного бассейна на территории района, га;
 B_i - интегральный балл соответствующего контура (включающий показатели эродированности, переувлажнения, подкисления, засоления и дегумификации);

S - площадь района, га;

i - номер бассейна;

n - количество бассейнов на территории района.

Коэффициент отношения интенсивности деградации земель к природно-антропогенной нагрузке (K_1) предлагается по следующей формуле составленной автором:

$$K_1 = \frac{ПН_B + АН_B}{2 ИД_B}, \quad (8)$$

где K_1 - коэффициент отношения интенсивности деградации земель к природно-антропогенной нагрузке;

$АН_B$ - балл антропогенной нагрузки на агроландшафт;

$ПН_B$ - балл природной нагрузки на агроландшафт;

$ИД_B$ - балл интенсивности деградации земель района.

Значение коэффициента равного близкого к 1,00 говорит о соответствии интенсивности деградации земель уровню природно-антропогенной нагрузки, и как следствие о начальной позиции определения компонента как устойчивого.

Следующей выявленной нами важной составляющей экологической устойчивости агроландшафтов является возможность агроэкосистемы самостоятельного регулирования баланса вещества и энергии свойственного природным экосистемам. Насыщение территориального комплекса структурами, понесшими высокое антропогенное изменение (или являющиеся разрушающимися), утративших либо крайне снизивших свойство экологической саморегуляции (пашня, мелиорируемые земли, нарушенные земли и овраги, территория под застройкой, дорогами и т.д.), вызывает эколого-хозяйственную напряженность, негативно влияющую на экологическую устойчивость среды, в том числе и аграрных ландшафтов. Наличие же территорий, обладающих высоким природным потенциалом к восприятию негативных нагрузок, определяет положительный эффект для ведения сельскохозяйственного производства.

Определение отношения площадей стабилизирующих угодий к дестабилизирующим (K_2) принято проводить по примеру определения коэффициен-

та экологической стабильности ландшафта, однако в исследовании для регионального уровня предложено использование данных о структуре земельного фонда (Таблица 9).

Таблица 4 – Классификация угодий

Вид угодий	Угодья
стабилизирующие	залежь, многолетние насаждения, лесные насаждения, лесные насаждения (не входящие в лесной фонд), территории под водой, болота, сенокосы, пастбища
дестабилизирующие	пашня, мелиорируемые земли, территория под застройкой, территория под дорогами, нарушенные земли, овраги

Рассматриваемый коэффициент свидетельствует о некоей степени влияния на агроландшафт экологической устойчивости присущей ландшафтам природным.

В данном случае нами предлагается производить деление угодий всего земельного фонда только на две группы. Подразумевается, что стабилизирующее (либо дестабилизирующее) влияние угодий является буферным и отчасти компенсируемым между собой, поэтому на региональном уровне введение дополнительных коэффициентов не целесообразно. Подобного рода отношения часто включаются состав методик оценки состояния природных и антропогенных ландшафтов, и, в том числе, являются основой оценок.

Наличие противоэрозионного, экологического и сельскохозяйственного эффекта от присутствия средостабилизирующих угодий доказано многими исследователями.

Рассмотрение подобного коэффициента, как составляющей экологической устойчивости, помимо прочего, способно отразить упомянутый ранее фактор внутреннего противоречия агроландшафтной экосистемы. Приближение к оптимальному соотношению стабилизирующих и дестабилизирующих угодий, по нашему мнению, способно снизить внутреннюю нагрузку, тем самым увеличив устойчивость к внешним факторам.

Расчет соотношения площадей стабилизирующих угодий к дестабилизирующим (K_2) производим по формуле предложенной автором:

$$K_2 = \frac{\sum S_c}{\sum S_d}, \quad (9)$$

где K_2 - коэффициент соотношения площадей стабилизирующих угодий к дестабилизирующим;

S_c - площадь стабилизирующих угодий, га;

S_d - площадь дестабилизирующих угодий, га.

Значение определяемого коэффициента, близкое к 1, свидетельствует о приемлемо устойчивом состоянии территории, что в свою очередь требует смещения начала отсчета на 33% к значению 0,67, для получения значения началь-

ной позиции устойчивости. Так, для сопоставления коэффициентов экологической устойчивости агроландшафтов, при расчете будем использовать коэффициент экологического регулирования в виде: $(K_2 + 0,33)$.

Последним из трех выделенных нами показателей является *отношение фактической биологической продуктивности к ожидаемой.*

Биологическая продуктивность агроэкосистем, определяемая внутренними свойствами фитоценозов и воздействием внешней среды, является отражением комфортности агроландшафта для его биотического компонента. Повышение биологической продуктивности агроландшафтов требует при аграрном производстве уменьшения влияния лимитирующих факторов (ресурсов почвы, тепла, влаги, солнечного света и т.д.), путем проведения агротехнических мероприятий.

Между тем, различный уровень реакции собственно агроэкологических систем на влияние лимитирующих факторов можно считать проявлением экологической устойчивости. В таком случае, за относительную величину, характеризующую агроландшафт как экологически устойчивый, следует принять отношение текущего состояния биологической продуктивности к ожидаемому, то есть оценить уровень её реализации.

Внедрение коэффициента отношения фактической биологической продуктивности к ожидаемой, может считаться целесообразным еще и потому, что позволяет учитывать в своем составе экономический и агротехнический компонент экологической устойчивости. Это объясняется тем, что биологическая продуктивность, как результат применения агротехнических, агрохимических и других видов мелиораций, является также показателем экономических функций агроландшафта.

Методика расчета ожидаемой биологической продуктивности основывается на основе интегральной оценки потенциала сельскохозяйственных угодий района через среднее нормированное значение показателей бонитета, кадастровой стоимости и агроклиматического потенциала (по А.В. Улезько, 2014). Данные приводятся условных единицах производства сельскохозяйственной продукции в расчете на 1 балло-гектар.

Расчет коэффициента отношения фактической биологической продуктивности к ожидаемой (K_3) производим по формуле предложенной автором:

$$K_3 = \frac{P_{\Phi}}{P_0}, \quad (10)$$

где K_3 - коэффициент отношения фактической биологической продуктивности к ожидаемой;

P_{Φ} - фактическое значение биологической продуктивности;

P_0 - ожидаемое значение биологической продуктивности.

В итоге по разработанной нами методике расчет уровня экологической устойчивости требуется проводить через среднее арифметическое выделенных факторов, причем значение 1,00 принято началом отсчета (начальной позицией) экологической устойчивости агроландшафта.

Для коэффициентов K_2 и K_3 введена поправка смещающая начало устойчивости на 33% к уровню 0,67 от оптимального (1,00). В результате полученная

автором формула расчета уровня экологической устойчивости (ЭУ) выглядит следующим образом:

$$\text{ЭУ} = \frac{K_1 + (K_2 + 0,33) + (K_3 + 0,33)}{3} \quad (11)$$

где ЭУ - значение экологической устойчивости агроландшафта;
 K_1 - коэффициент отношения интенсивности деградации земель к природно-антропогенной нагрузке;
 K_2 - отношения площади стабилизирующих угодий к антропогенно-измененным;
 K_3 - отношения ожидаемой биологической продуктивности к фактической.

Для типизации агроландшафтов в зависимости от экологической устойчивости использована шкала из пяти уровней (Таблица 16). При этом за критически низкий уровень взято значение ниже начальной позиции экологической устойчивости, а за достаточно высокий уровень взято значение более чем в 2 раза превышающее порог устойчивости.

Таблица 5 – Оценка агроландшафтов по уровню экологической устойчивости (ЭУ)

Значение ЭУ	Оценка агроландшафта по уровню ЭУ
$\text{ЭУ} \leq 1,00$	критически низкий
$1,01 < \text{ЭУ} \leq 1,33$	низкий
$1,34 < \text{ЭУ} \leq 1,66$	порогоустойчивый
$1,67 < \text{ЭУ} \leq 2,00$	удовлетворительный
$2,01 \leq \text{ЭУ}$	достаточно высокий

3.3 Зонирование агроландшафтов Воронежской области

На основе проведенной природно-географической характеристики Воронежской области, было проведено агроландшафтное зонирование.

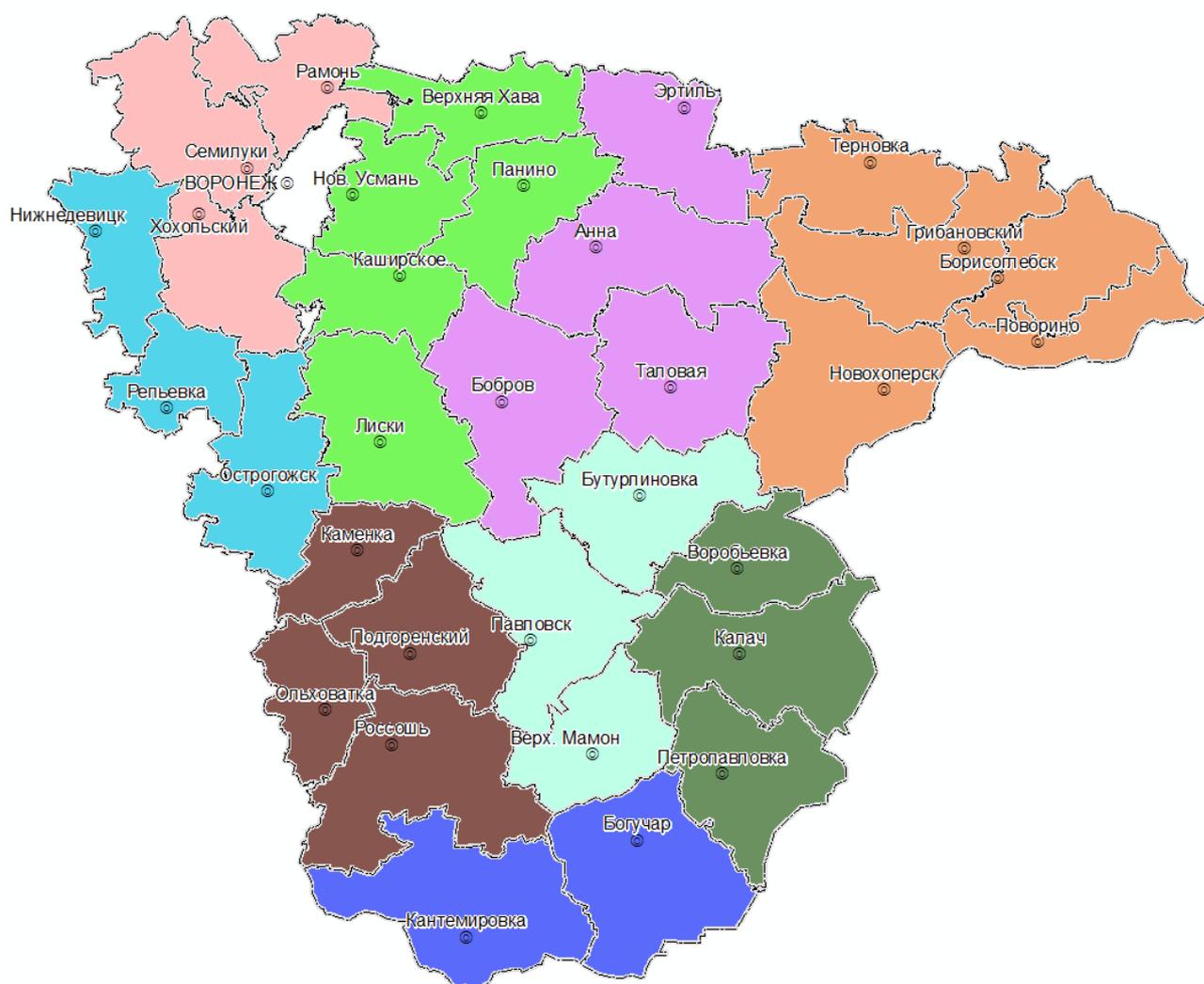
Целью проведенного зонирования является более детальный и строгий учет природных особенностей агроландшафтов для решения вопросов совершенствования хозяйственного использования сельскохозяйственных земель.

В результате муниципальные районы Воронежской области дифференцированы в девять агроландшафтных групп: Семилукская; Каширская; Репьевская; Грибановская; Кантемировская; Калачская; Павловская; Аннинская; Подгоренская.

Группы выделены исходя из схожести природных факторов и условий (орографических, гидрологических, климатических, почвенных и др.), ландшафтно-экологического состояния, однородности проявления физико-географических процессов, прогнозируемого изменения суммы активных температур (Таблица 11) (Рисунок 13).

Таблица 6 – Характеристика агроландшафтных групп Воронежской области

Агроландшафтная группа	Муниципальные районы	Площадь тыс. га	Процент от области, %	Среднее годовое количество осадков, мм	ГТК (за период вегетации)	Средняя скорость ветра (за период вегетации), м/с	Сумма активных температур (> 10 °С)	Период вегетации, дней
Семилукская	Рамонский, Семилукский, Хохольский	431,6	8,39	571	1,10	2,8	2679	156
Репьевская	Нижнедевицкий, Репьевский, Острогожский	384,3	7,47	545	1,05	2,8	2708	164
Каширская	Новоусманский, Верхнехавский, Панинский, Каширский, Лискинский	699,1	13,59	553	1,05	3,1	2707	159
Аннинская	Эртильский, Аннинский, Бобровский	756,7	14,71	530	1,02	3,3	2737	160
Грибановская	Терновский, Грибановский, Новохоперский, Поворинский, Борисоглебский	819,0	15,92	532	0,96	2,6	2769	155
Подгоренская	Каменский, Подгоренский, Ольховатский, Россошанский	598,3	11,63	506	0,90	2,8	2877	168
Кантемировская	Кантемировский, Богучарский	452,7	8,80	505	0,83	2,4	2931	171
Павловская	Бутурлиновский, Павловский, Верхнемамонский,	504,1	9,80	493	0,91	3,1	2817	164
Калачеевская	Воробьевский, Калачеевский, Петропавловский,	498,5	9,69	480	0,87	2,8	2799	161
Среднее по области				523	1,0	2,9	2781	162



Условные обозначения

 Границы муниципальных районов

Агроландшафтная группа

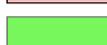
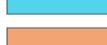
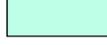
	Семилукская	431,6 тыс. га	8,39 %
	Каширская	699,1 тыс. га	13,59 %
	Репьевская	384,3 тыс. га	7,47 %
	Грибановская	819,0 тыс. га	15,92 %
	Кантемировская	452,7 тыс. га	8,80 %
	Калачеевская	498,5 тыс. га	9,69 %
	Павловская	504,1 тыс. га	9,80 %
	Аннинская	756,7 тыс. га	14,71 %
	Подгоренская	598,3 тыс. га	11,63 %

Рисунок 1 – Зонирование агроландшафтов Воронежской области

Семилукская агроландшафтная группа расположена в северо-западной части Воронежской области, включает Рамонский, Семилукский и Хохольский муниципальные районы (431 тыс. га, 8,39%), входит в состав Северо-западной природно-сельскохозяйственной микрзоны, характеризуется полого-холмистым рельефом и широко проявляющимися оползневыми и овражно-эрозионными процессами. Принадлежность к Девицкому гидрологическому району определяет обилие подземных вод и осадков. Агроландшафты данной группы обладают хорошим агроклиматическим потенциалом, что характеризуется высокой сельскохозяйственной освоенностью и высоким баллом бонитета почв. Агроландшафты данной группы, согласно прогнозу динамики суммы активных температур на 2030 год, окажутся в зоне высокого уровня изменения.

Репьевская агроландшафтная группа расположена на западе области, входит в состав Северо-западной природно-сельскохозяйственной микрзоны. Включает Нижнедевицкий, Репьевский и Острогжский муниципальные районы (384 тыс. га, 7,47%). Проявление физико-географических процессов Семилукской и Репьевской агроландшафтных групп весьма схожи, однако, к югу заметно снижение количества осадков и обводненности поверхностными водотоками, повышение суммы активных температур, увеличение вегетационного периода и ухудшение качества почв. Эрозионные процессы на агроландшафтах широко развиты, наблюдаются процессы заболачивания и загрязнения почв. Согласно прогнозу, повышение суммы активных температур на 2030 год составит примерно 100°C, что существенно ниже, чем в северной части сельскохозяйственной микрзоны.

Каширская агроландшафтная группа располагается по левобережью Дона от центра до юга области. Включает Новоусманский, Верхнехавский, Панинский, Каширский и Лискинский муниципальные районы (699 тыс. га, 13,59%). Входит в состав Центральной природно-сельскохозяйственной микрзоны. Данная агроландшафтная группа характеризуется недостаточным количеством подземных вод и почвенной влаги, при высоком количестве осадков и достаточной обводненности прудами и водотоками. В пределах данной группы чаще проявляются засухи. Наличие спокойного рельефа предопределяет проявление как ветровой, так и водной эрозии. Почвенный покров в большей степени представляют черноземы типичные и лугово-черноземные, по баллу бонитета агроландшафтная группа лучшая по области, это предопределяет высокий уровень сельскохозяйственного использования земель. Изменения суммы активных температур на 2030 год прогнозируются до 200°C.

Аннинская агроландшафтная группа включает Эртильский, Аннинский, Бобровский и Таловский муниципальные районы (757 тыс. га, 14,71%). Располагаясь на востоке Центральной природно-сельскохозяйственной микрзоны, данная группа характеризуется недостаточным количеством выпадающих осадков при достаточной обводненности прудами и водотоками. Проявление физико-географических процессов внутри микрзоны схоже. Однако в сравнении с Каширской агроландшафтной группой Аннинская обладает меньшим гидро-термическим коэффициентом ($< 1,0$), и меньшим, хотя и достаточно высоким,

баллом бонитета. Изменение суммы активных температур ожидается в средних пределах (около 100°C).

Грибановская агроландшафтная группа находится в границах Восточной природно-сельскохозяйственной микрзоны на северо-востоке Воронежской области. Включает Терновский, Грибановский, Новохоперский, Поворинский районы и Борисоглебский городской округ (819 тыс. га, 15,92%). При пониженном плоскоровнинном рельефе развиты долинно-балочная и овражная сеть, проявляется водная эрозия и дефляция. Сумма активных температур для данных агроландшафтов выше, чем в остальной северной части Воронежской области, а прогнозируемые на 2030 год изменения незначительны и не превышают 50°C. Отличительной чертой Грибановской агроландшафтной группы является разнообразие почвенных ресурсов, встречается практически все почвы Воронежской области, за исключением южных черноземов. Балл бонитета почв достаточно высок.

Подгоренская агроландшафтная группа находится на юго-западе области. Она включает Каменский, Подгоренский, Ольховатский, Россошанский муниципальные районы (599 тыс. га, 11,63%) и входит в состав Юго-западной природно-сельскохозяйственной микрзоны. Агроландшафтная группа выделяется обширной площадью овражной сети. Обеспеченность осадками и подземными водами умеренная. Наиболее низкий по области балл бонитета Подгоренской агроландшафтной группы определяется невысоким почвенным плодородием (в структуре почв преобладают черноземы обыкновенные). Изменение суммы активных температур ожидается низким (до +50°C).

Кантемировская агроландшафтная группа наиболее южная в Воронежской области. Занимает южную часть Юго-западной природно-сельскохозяйственной микрзоны и включает Кантемировский и Богучарский муниципальные районы (453 тыс. га, 8,80%). Она расположена в степной природно-климатической зоне. Агроландшафтная группа характеризуется слабой обеспеченностью влагой и самым низким по области уровнем поверхностного стока. Значение гидротермического коэффициента менее 0,9. Сумма активных температур превышает 2900°C, с прогнозируемым отсутствием изменений на 2030 год. Широко развита плоскостная и линейная овражная эрозия, происходит осолонцевание почв, почвенное плодородие низкое.

Павловская агроландшафтная группа располагается в центре Воронежской области, на западе Юго-восточной природно-сельскохозяйственной микрзоны. Включает Бутурлиновский, Павловский и Верхнемамонский муниципальные районы (504 тыс. га, 9,80%). Глубокое расчленение долинно-балочной сетью обусловило развитие склонового типа местности. Пограничное расположение со степной зоной обуславливает недостаточное и неравномерное распределение осадков по годам и сезонам. Характерным для данной агроландшафтной группы является наличие песчаных бурь. По прогнозу на 2030 год, изменение суммы активных температур ожидается низким (до +50°C).

Калачеевская агроландшафтная группа также входит в состав Юго-восточной природно-сельскохозяйственной микрзоны, располагаясь на восто-

ке области. Включает Воробьевский, Калачеевский и Петропавловский муниципальные районы (499 тыс. га, 9,69%). Рельеф представляет собой приподнятую холмистую равнину, расчлененную большим количеством оврагов. Агрорландшафтная группа обладает достаточным естественным плодородием, обводненность территории средняя. Преобладающие почвы – черноземы с вкраплением солончаков. Проявляется водная и ветровая эрозия. Гидротермический коэффициент разнится от 0,9 до 1,0. Сумма активных температур находится в пределах 2800°C, по прогнозу на 2030 год изменений не предвидится.

Разработанное автором зонирование агроландшафтов Воронежской области, дополняющее ранее выполненное природно-сельскохозяйственное зонирование при более детальном учете природных особенностей агроландшафтов и учитывающее прогноз изменения суммы активных температур на 2030 год, позволит дать наиболее точные и перспективные рекомендации производству по повышению уровня экологической устойчивости в условиях глобальных климатических изменений и учащения проявления опасных природных явлений.

3.3. Пространственная структура загрязнения тяжелыми металлами городских почв

Статистические показатели валового содержания ТМ в поверхностных горизонтах городских почв, сгруппированные по функциональным зонам, приведены в таблице 17. Содержания ТМ в почвах рекреационной зоны близки к фоновым значениям ($K_c=0,8-1,2$).

Для анализа пространственного распределения Cu, Zn, Pb, и Sr построены геохимические карты их содержания в поверхностных горизонтах городских почв (рисунок 42-45).

Уровень загрязнения ТМ ландшафтно-функциональных зон города, кроме постпромышленной, низкий. Наиболее высоким K_c характеризуется цинк ($K_c=3,6$). В постпромышленной зоне повышенное содержание ТМ сохранилось и в настоящее время. K_c Cu и Zn в поверхностных горизонтах почв превышают фоновое содержание в 5 раз. Почти за 30-ти летний период состав обнаруженных ранее элементов-загрязнителей не претерпел существенных изменений. При этом содержание Cu, Zn и Pb и уровень загрязнения ($Z_c<16$) снизились вследствие снижения атмосферической нагрузки и утраты территорией статуса промышленной зоны.

Концентрация Sr ($K_c=1,7$) в почвах нарастает в северном и северо-восточном направлениях, что связано с выходами мергелей, которые им обогащены, в правобережной части города. Поступление Sr происходит также с выбросами отопительных систем котельных и жилых домов, где сейчас сжигают и ранее использовали (до 80-х годов прошлого столетия) каменные угли. Поэтому он накапливается также в почвах вблизи котельных и в частном секторе.

Таблица 17 – Среднее содержание ТМ (мг/кг) в поверхностных (0–15 см) горизонтах почв г. Львова в 2012-2015 гг/ [94]

Показатели	Ni	Cu	Zn	Ga	Pb	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
Кларки литосферы [39]	58	47	83	19	16	150	340	29	170	20
ПДК	85	50	220	-	130	-	-	-	-	-
Средний фон	30	23	62	10	25	84	140	30	450	15
<i>Индивидуальная жилая застройка п-9</i>										
Среднее± ошибка среднего	22,8±6,2	25,8± 11,7	107,5± 45,7	10,5± 4,3	31,6± 17,8	71,0± 9,8	238,9± 97,2	25,2± 7,6	354,0± 149,6	12,0± 2,4
Kc	0,8	1,1	1,7	1,1	1,3	0,8	1,7	0,8	0,8	0,8
Cv	37	49	96	50	59	17	52	33	47	26
<i>Жилая застройка средней этажности п- 2</i>										
Среднее± ошибка среднего	24,0±4,0	20,5±3,5	178,0± 88,0	5,0± 0,0	20,5± 3,5	44,5± 0,5	157,0± 8,0	17,5± 0,5	217± 30,5	7,5± 2,5
Kc	0,8	0,9	2,9	0,5	0,8	0,5	1,1	0,6	0,5	0,5
Cv	24	24	88	0	24	2	7	4	20	47
<i>Общественно-деловая зона п-3</i>										
Среднее± ошибка среднего	14,0±2,7	23,7±3,1	109,0± 40,0	8,3± 3,8	33,0± 16,0	39,7± 18,2	151,0± 50,7	16,0± 6,0	210,0± 82,0	9,5± 2,5
Kc	0,5	1,0	1,8	0,8	1,3	0,5	1,1	0,5	0,5	0,6
Cv	29	18	48	59	71	60	45	50	53	37
<i>Транспортно-промышленная зона п-17</i>										
Среднее± ошибка среднего	18,6±6,4	31,9±11, 9	123,2± 65,5	10,1± 3,9	27,0± 1,6	55,3± 22,6	122,9± 59,0	21,8± 8,0	291,5± 117,7	10,6± 4,0
Kc	0,6	1,4	2,0	1,0	1,1	0,7	0,8	0,7	0,6	0,7
Cv	44	62	76	40	67	48	67	42	48	40
<i>Постпромышленная п-12</i>										
Среднее± ошибка среднего	23,2±8,2	53,7± 29,1	225,3± 158,4	14,8± 7,3	33,8± 17,5	55,4± 24,4	109,7± 37,8	22,8± 9,1	328,9± 127,6	10,0± 4,3
Kc	0,8	2,3	3,6	1,5	1,4	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7
Cv	46	132	99	46	64	49	46	44	42	50
<i>Зона рекреационного назначения п-12</i>										
Среднее± ошибка среднего	23,7±7,1	23,3±5,3	71,8± 16,1	12,3± 5,0	30,2± 12,2	66,3± 19,2	126,8± 36,6	23,4± 6,3	338,8± 100,8	11,8± 3,4
Kc	0,8	1,0	1,2	1,2	1,2	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8
Cv	44	30	28	47	56	37	41	32	35	36
<i>Зона сельскохозяйственного использования п-14</i>										
Среднее± ошибка среднего	23,0±4,9	18,4±3,9	50,9± 9,6	14,1± 3,4	14,9± 2,9	71,4± 15,6	114,0± 27,8	28,4± 5,7	453,3± 92,2	14,5± 3,7
Kc	0,8	0,8	0,8	1,4	0,6	0,8	0,8	0,9	1,0	0,9
Cv	29	30	27	34	28	32	33	30	29	24
<i>Недействующие поля фильтрации сахарного завода п-2</i>										
Среднее± ошибка среднего	23,0±13,0	13,5±3,5	46,0± 10,0	12,5± 3,5	9,5± 0,5	53,0± 18,0	169,0± 100,0	17,5± 2,5	311,0± 1,0	10,0±3,0
Kc	0,8	0,6	0,7	1,3	0,4	0,6	1,2	0,6	0,7	0,7

Показатели	Ni	Cu	Zn	Ga	Pb	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
Cv	80	37	31	40	7	48	84	20	0	42
<i>Санитарно-защитная зона полигона ТБО n-6</i>										
Среднее± ошибка среднего	28,0±3,0	21,5±4,2	56,2± 6,9	17,5± 1,7	15,8±2,2	81,7± 7,2	139,2± 19,2	33,3± 1,1	536,2± 40,9	15,7±1,3
Kс	0,9	0,9	0,9	1,8	0,6	1,0	1,0	1,1	1,2	1,0
Cv	14	26	16	14	21	13	18	5	12	10
<i>Город в целом n-77</i>										
Среднее± ошибка среднего	22,2±6,7	25,8±11, 5	97,2± 61,7	12,3± 4,9	25,5± 13,1	62,9± 20,9	138,0± 54,8	24,2± 7,9	355,9± 132,4	11,8±4,0
Kс	0,7	1,1	1,7	1,2	1,9	0,7	2,0	0,7	1,5	0,7
Cv	39	86	96	44	66	38	56	37	42	36

Для функциональных зон г. Львова характерен низкий, неопасный уровень загрязнения ТМ поверхностных горизонтов почв (в целом по городу $Z_c < 8$) со слабоконтрастными геохимическими аномалиями (Кс химических элементов в 2-5 раз выше природного фона).

Выпадение ТМ из атмосферы, их дальнейшая миграция и частичное закрепление на барьерах в поверхностных и срединных горизонтах городских почв обуславливает радиальную и латеральную дифференциацию поллютантов. Изучена латеральная дифференциация ТМ в почвах мезокатен (100п м), включающих элювиальные ландшафты водоразделов и трасакумулятивные ландшафты балок и пойм рек Бык (*катена 1* вблизи полигона ТБО) и Сейм (*катена 2* в правобережной части).

В результате обследования санитарно-защитной зоны полигона ТБО (рисунок 17) выявлено два типа профилей почв, образующих *катену 1*:

1) стратозем серогумусовый на погребенной серой почве (р. 9-АК), нижняя часть балки (трансаккумулятивный элементарный ландшафт), растительная ассоциация злаково-разнотравная; 2) аллювиальная темногомусовая (р. 10-АК), пойма р. Бык (супераккумулятивный элементарный ландшафт), растительная ассоциация разнотравно-злаковая.



Рисунок 17– Полигон ТБО на южной окраине города

Ниже приводятся морфологические описания профилей почв, образующих *катену 1*.

Р. 9-АК. Южная окраина г. Льгова, дно балки восточной экспозиции в направлении поймы р. Бык (рисунок 18).



Рисунок 18 – Морфологическое строение стратозема на погребенной серой почве (р. 9-АК)

AУ1 0-8 см - серый, сухой, средний суглинок, густо пронизан корнями трав, структура зернисто-комковатая.

RY1 8-15 см - серый с желтоватым оттенком, сухой, средний суглинок, плотный, твердость 25,5 мм, комковатая структура, много тонких корней, карбонатные включения.

RY2 15-30 см - сходен с вышележащим, но плотнее предыдущего, меньше корней.

II RY3 30-40 см - серый с желтоватым оттенком, отдельные участки желтовато-серые, сухой, тяжелый суглинок, тонких корней значительно меньше, плотный, твердость 28 мм, структура ореховатая, встречаются единичные крупные корни.

III [ABT1ca] 40-60 см - неоднородно окрашенный, темный гумусированный с включениями материала буро-желтоватого оттенка, свежий, тяжелый суглинок. Единичные тонкие корни трав, структура ореховатая, плотный, твердость 27 мм. Постепенно переходит в горизонт B1ca по цвету и структуре.

[BT1ca] 60-70 см - преобладают желтые тона окраски с бурыми участками, свежий, средний суглинок, бесструктурный, твердость 25 мм.

Почва: *стратозем серогумусовый на погребенной серой почве* (рисунок 18).

Р. 10-АК. Пойма реки Бык (центральная часть), разрез находится восточнее полигона ТБО, в 400 м (по водотоку в 200 м к западу от р. Бык). Преобладает осока, единичные злаковые травы.

AU1 0-10 см - густо пронизан корнями осоки и травянистой растительности, сухой, плотноватый, темно-серый, средний суглинок, зернистая структура, слабо вскипает от HCl.

AU2ca 10-20 см - темно-серый, свежий, средний суглинок, с охристыми пятнами Fe в основной массе. тонкие корни трав, комковато-зернистый, плотноватый, твердость 23 мм, единичные крупные корни, бурно вскипает от HCl.

AU3ca 20-30 см - темно-серый с буроватым оттенком, свежий, средний суглинок, больше охристых участков, ореховатая структура, плотноватый, твердость 22,5 мм, бурно вскипает от HCl.

AC1ca(g) 30-40 см - неоднородно окрашенный, участки темно-серого цвета чередуются с буровато-желтым материалом, свежий, средний суглинок, бесструктурный, плотноватый, твердость 20,5 мм, единичные корни трав, бурно вскипает от HCl.

C1ca(g) 40-50 см - неоднородно окрашенный, преобладают серовато-желтые-бурые тона, влажноватый, средний суглинок, бесструктурный, плотноватый, твердость 20,5 мм, единичные тонкие корни. По корням – охристые пятна.

C2ca(g) 50-75 см - тонкослоистый, неоднородно окрашенный, чередуются слои темно-серого цвета с желто-бурыми с охристыми пятнами, влажноватый, средний суглинок, бесструктурный, плотный, твердость 28 мм, единичные корни трав, бурно вскипает от HCl.

Почва: *аллювиальная темно-гумусовая карбонатная среднесуглинистая на слоистых аллювиальных отложениях* (рисунок 19).



Рисунок 19 – Морфологическое строение аллювиальной темно-гумусовой карбонатной среднесуглинистой почвы на слоистых аллювиальных отложениях (р. 10-АК)

Функционирование полигона ТБО оказывает комплексные техногенные воздействия на почвы прилегающих территорий (серые в разной степени смыва, а

также стратоземы серогумусовые на погребенных почвах, аллювиальные), что сказывается на их морфологии, физико-химических и микробиологических свойствах.

В стратоземах серогумусовых днища балки (трансаккумулятивный элементарный ландшафт) отмечается тенденция к переуплотнению (твердость поверхностного горизонта 28 мм), техногенному подщелачиванию и загрязнению антропогенными включениями (битый кирпич, строительный и бытовой мусор) в результате захламления и делювиального привноса из «тела» полигона (рисунок 20). Реакция бактериального сообщества на жесткие воздействия сводится не только к увеличению численности олиготрофных микроорганизмов, появлению микроорганизмов – индикаторов фекального загрязнения почвы - БГКП и энтерококков, но и изменению видового состава бацилл в верхнем гумусовом горизонте стратоземов .



Рисунок 20 – Загрязнение балки строительным и бытовым мусором в зоне влияния полигона ТБО

В то же время расчет коэффициентов техногенной концентрации ТМ в стратоземах серогумусовых трансаккумулятивных ландшафтов и аллювиальных темно-гумусово-глееватых почв пойм показал, что содержания поллютантов во всех горизонтах не выходят за пределы фоновых значений (таблица 20; Кс варьирует от 0,7 до 1,2).

Таблица 20 – Содержание тяжелых металлов (мг/кг) I и II класса опасности в почвах катены 1 (г. Львов, 2015 г.)

Горизонт	Глубина, см	Ni	Cu	Zn	Pb
Трансаккумулятивный элементарный ландшафт. Стратозем серогумусовый на погребенной темноцветной почве, нижняя часть балки, р. 9-АК					
AY1	0-8	26	19	53	15
RY1	8-15	22	15	44	15
RY2	15-30	31	24	46	15
II RY3	30-40	26	20	49	17

Горизонт	Глубина, см	Ni	Cu	Zn	Pb
III [ABT1ca]	40-60	36	19	37	11
BT1ca	60-70	29	21	39	14
Супераквальный элементарный ландшафт. Аллювиальная темногумусовая глееватая почва, пойма р. Бык, р. 10-АК					
AU1	0-10	35	19	55	11
AU2ca	10-20	30	21	43	17
AU3ca	20-30	38	19	46	12
AC1ca(g)	30-40	32	17	41	15
C1ca(g)	40-50	29	18	40	8
C2ca(g)	50-70	23	19	39	10
Кларки литосферы		58	47	83	16
ПДК		85	50	220	130
Средний фон по Курской области		30	23	62	25

Степень контрастности латеральной дифференциации, оцениваемая с помощью коэффициента местной миграции (Км), изменяется от 0,8 (неконтрастное распределение) до 1,4 (слабоконтрастное).

В результате обследования правобережной части р. Сейм, выявлено три типа профилей почв, образующих *катену 2*, принципиально различных по особенностям их строения:

1) серая лесная старопахотная (разрез 3-ИЗ), верхняя часть склона, залежь 10-летнего возраста с злаково-разнотравной сукцессией (рисунок 21, 22) агросерая типичная [124], профиль P1-P2-BT1(EI)-BT1-BC;

2) аллювиальная дерновая (разрез 1-ИЗ, аллювиальная темногумусовая [124] на погребенной темноцветной глееватой почве, высокая пойма, разнотравно-злаковая растительность (), профиль: AU1-AU2-AU3-II[AU]-AUBT1(g)-BT1g;

3) дерново-глееватая (разрез 2-АК) с профилем AU1-AU2C1-ПC1Ag-C1g (аллювиальная серогумусовая глееватая [124], низкая пойма, кустарничково-разнотравно-осоковая ассоциация ().

Разрез 3-ИЗ. Верхняя часть склона юго-восточной экспозиции, h=197 м. Залежь (рисунок 46, 47). Напочвенный покров представлен пижмой обыкновенной (*Tanacetum vulgare L.*), сурепкой обыкновенной (*Barbarea vulgaris*), вязель пестрый (*Coronilla varia L.*), люпин многолистный (*Lupinus polyphyllus L.*), луговик дернистый (*Deschampsia cespitosa L.*), мятлик лесной (*Poa nemoralis L.*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*), ромашка лекарственная (*Matricaria chamomilla*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*).



Рисунок 21 – Морфологическое строение агросерой типичной почвы **Рисунок 22 – Залежь, злаково-разнотравная растительность**

P1. 0-10 см - серый, свежий, плотноватый, густо пронизан корнями, комковатый, пылеватый, тяжелосуглинистый, переход постепенный.

P2. 10-22(27) см – серый, свежий, меньше корней, плотный, пылеватый тяжелосуглинистый-легкоглинистый, комковато-ореховатый, граница неровная.

BT1(EI) 22(27)-42 см - желто-бурый, плотный (плотнее предыдущего), свежий, с единичными корнями, белесая присыпка, структура ореховатая, легкоглинистый, переход постепенный.

BT1 42-70 см - темно-бурый с коричневатым оттенком, свежий, легкоглинистый, структура ореховатая.

Почва: **агросерая типичная** (рисунок 21, 22)

Разрез 1-ИЗ. Высокая пойма, h=147 м. Напочвенный покров: ежа сборная (*Dactylis glomerata*), овсяница овечья (*Festuca ovina L.*), подмаренник цепкий (*Galium aparine L.*), пырей ползучий (*Agropyrum repens L.*), полынь горькая (*Artemisia absinthium L.*), лопух большой (*Arctium lappa*).

AU1 0-10 см - темно-серый, густо пронизан корнями трав, корни разного размера от мелких до корневищ, плотный из-за густого переплетения корней, комковатый, свежий, тяжелосуглинистый, тонко-пылеватый, переход постепенный, присутствуют дождевые черви.

AU2 10-15 см - темно-серый, тонкие корни, их меньше, плотный, комковатый, свежий, тяжелосуглинистый, пылеватый, переход постепенный, встречаются дождевые черви.

AU3 15-35 см - темно-серый, темнее предыдущего, корней мало, плотный, комковатый, тяжелосуглинистый-легкоглинистый.

[AU] 35-55 см - черный, гумусированный, свежий, пронизан единичными тонкими корнями, плотный, комковато-ореховатый, свежий, легкоглинистый, переход постепенный.

[AUBT1(g)] 55-65 см - неоднороден по цвету от темно-серого до светло-серого, единичные корни трав, плотный, влажноватый, возможно оглеение, пылеватый, глинистый, тонкопористый.

[BT1g] 65-80 см - светло-серый пылеватый, в нижней части охристые железистые пятна, глинистый, плотный, бесструктурный тонкопористый.

Почва: *аллювиальная темногумусовая на погребенной темноцветной глееватой почве* (рисунок 23, 24).



Рисунок 23 – Морфологическое строение аллювиальной темногумусовой почвы



Рисунок 24 – Высокая пойма р. Сейм, разнотравно-злаковая растительность

Разрез 2-АК. Низкая пойма, h=138 м. В составе напочвенного покрова доминируют осока острая (*Carex acuta*), мать-и-мачеха (*Tussilago farfara*), манник большой (*Glyceria maxima*), белокопытник гибридный (*Petasites hybridus L.*). Древесная растительность представлена ивой белой (*Salix alba L.*), ясенем обыкновенным (*Fraxinus excelsior L.*).

AУ 0-10 см - темно-серый, плотный, влажный, густо пронизан корнями трав, легкоглинистый с признаками комковатой структуры, переход постепенный.

АС1 10-20 см - влажный, неоднородно окрашенный, преобладает гумусированный материал с пятнами желтоватого цвета, плотный, корней меньше, влажный легкоглинистый, бесструктурный, переход постепенный.

ПС1Ag 20-40 см – влажный, преобладает серо-бурый материал, гумусированный, плотный, бесструктурный, единичные корни трав, переход ясный.

С1g 40-60 см - сырой, плотный, чрезвычайно охристый, супесчаный материал смешан с глинистым, сизоватые тона окраски, корней нет.

Почва: *аллювиальная серогумусовая глееватая* (рисунок 25,26)



Рисунок 25 – Морфологическое строение аллювиальной серо-гумусовой глееватой почвы



Рисунок 26 – Низкая пойма р. Сейм, кустарничково-разнотравно-осоковая ассоциация

Все исследуемые почвы катены по своим физико-химическим свойствам относятся к группе нейтральных (рН=6,5-7,0) суглинистых почв (таблица 21).

Таблица 21 – Гранулометрический состав почв катены 2

Горизонт	Глубина образца, см	Содержание фракций (%), размер частиц, мм						
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
Разрез 3-ИЗ Агросерая типичная								
P1	2-10	6,60	11,42	53,19	6,98	8,03	13,78	28,79
P2	10-20	6,64	9,04	54,36	7,38	8,39	14,19	29,96
BT1(EI)	25-35	4,16	4,08	47,78	7,54	6,51	29,93	43,98
BT1	55-65	4,69	6,04	45,48	7,44	6,98	29,37	43,79
Разрез 1-ИЗ Аллювиальная темногумусовая на погребенной темноцветной глееватой почве								
AU1	0-10	4,63	37,33	28,22	4,52	7,80	17,50	29,82
AU2	10-15	4,80	38,88	27,38	5,69	8,39	14,86	28,94
AU3	15-25	6,21	46,49	22,14	4,16	7,26	13,74	25,16
II[AU]	35-45	1,12	29,27	39,25	5,67	7,71	16,98	30,36
AB(g)	55-65	0,47	28,48	51,91	5,20	5,72	8,22	19,14
Bg	70-80	0,40	32,34	50,05	4,27	5,70	7,24	17,21
Разрез 2-АК. Аллювиальная серогумусовая глееватая								
AУ	0-10	4,72	33,97	31,09	4,14	6,19	19,89	30,22
АС ₁	10-20	5,31	40,75	27,42	3,02	7,14	16,36	26,52
ПС1Ag	20-40	4,34	44,58	26,62	2,45	6,07	15,94	24,46
С1g	40-60	3,33	22,68	42,57	3,90	7,67	19,85	31,42

Исследуемые серые почвы водоразделов, как пахотные, так и старопахотные, характеризуются пониженным содержанием гумуса в поверхностном горизонте (<2,5 %), что свидетельствует о деградации его запасов (таблица 20). В этих почвах также отмечается тенденция к уплотнению рыхлого верхнего слоя (плотность - 1,3-1,4 г/см³, твердость - 30-33 мм). Это, в свою очередь, благоприятствует развитию эрозионных процессов, которые способствуют удалению той или иной части верхних горизонтов почвенного профиля. Аллювиальная темногумусовая почва в поверхностных гумусовых горизонтах имеет среднее содержание гумуса, аллювиальная серогумусовая глееватая – низкое (таблица 22).

Таблица 22 – Содержание гумуса в почвах катены 2

Почва	Глубина, см	Гумус, %
Разрез 3-ИЗ. Агросерая типичная	0-10	1,55
	10-20	1,03
	25-35	0,55
	55-65	0,41
Разрез 1-ИЗ. Аллювиальная темногумусовая	0-10	5,71
	10-15	4,12
	15-25	2,69
Разрез 2-АК. Аллювиальная серогумусовая глееватая	0-10	3,31
	10-20	2,07

Анализ данных валовых содержаний элементов в почвах, показывает, что все исследуемые почвы различаются как по валовому содержанию микроэлементов, так и по их распределению по профилю.

Внутрипрофильное накопление ТМ в агросерых почвах водоразделов и склонов обусловлено элювиально-иллювиальной дифференциацией, которая в той или иной степени нарушена агротехногенными воздействиями (таблица 23). Установлено, что во всех изученных случаях содержание и внутрипрофильное распределение большей части микроэлементов в этих почвах имеет два максимума, приуроченных к агрогумусовому горизонту А1 (биогеохимический барьер) и более тяжелым по гранулометрическому составу горизонтам ВТ1 (сорбционный барьер). Распределение валовых форм Pb и Sr по профилю имеет недифференцированный (малоконтрастный) характер. Одной из основных причин равномерного распределения свинца по профилю лесостепных почв большинство исследователей обычно называют его малую подвижность по сравнению с другими ТМ.

Таблица 23 – Содержание микроэлементов (мкг/г) в почвах катены 2

Горизонт	Глубина, см	Ni	Cu	Zn	Nb	Rb	Pb	Sr	Y	Zr
Разрез 1-ИЗ. Аллювиальная тесногумусовая почва на погребенной темноцветной почве. Супераквальный элементарный ландшафт (СА2)										
AU1	0–10	17	19	38	10	55	9	78	17	374

AU2	10–15	15	19	38	9	53	10	79	15	381
Au3	15–35	10	13	33	8	49	11	80	10	354
Разрез 2-АК. Аллювиальная серогумусовая глееватая. Супераквальный элементарный ландшафт (СА1)										
AУ	0–10	10	12	18	11	56	47	19	19	99
С1Ag	20–40	45	17	22	11	44	37	15	20	81
Разрез 3-ИЗ. Агросерая типичная. Эллювиальный элементарный ландшафт (Э)										
P1	0–10	16	16	37	12	79	17	93	24	535
P2	10–22	13	32	31	12	73	16	92	23	547
BT1(EI)	22-42	19	20	40	14	86	16	91	27	467

В аллювиальной темногумусовой почве высокой поймы Ni, Cu и Zn, Rb, Zr и Y аккумулируются в поверхностных гумусовых горизонтах (биогеохимический барьер), и их содержание равномерно уменьшается от горизонта AU1 к AU3 (таблица 21). Эти почвы отличает яркая выраженность дернового процесса и гумусообразования (таблица 20), а также высокая активность мезофауны, что способствует накоплению микроэлементов в гумусовых горизонтах. Валовые формы Pb, Sr и Nb распределены в профиле до глубины 35 см (далее залегает погребенная почва) равномерно (малоконтрастно).

В вертикальном профиле аллювиальной серогумусовой глееватой наблюдается существенная дифференциация содержаний микроэлементов, за исключением валовых форм Y и Nb (таблица 23). Она связана с литологической неоднородностью аллювиальных отложений, а также периодическим затоплением и приносом свежего органоминерального материала во время паводков. В поверхностном гумусовом горизонте (биогеохимический и сорбционный барьеры) накопление обнаруживают Sr и Zr. Переходные глееватые горизонты (сорбционный и глеевый барьеры) выступают в качестве концентраторов Ni и Pb. Анализ литературных данных показывает, что в поверхностном горизонте почв гидроморфного ряда содержание свинца чаще всего оказывается наиболее высоким. В промышленных и горнодобывающих районах это происходит главным образом за счёт техногенного воздействия: выпадения из атмосферы и речного стока [65].

Как уже отмечалось выше (и хорошо известно), основными носителями ТМ являются тонкодисперсные гранулометрические фракции. Результаты корреляционного анализа между показателями физико-химических свойств изучаемых почв и содержанием ТМ свидетельствуют о высокой степени ($r=+0,7-0,9$) их прямой зависимости в отношении фракций ила и физической глины. Обнаруживается также положительная и тесная корреляционная связь содержания органического вещества в верхней части профилей и микроэлементов, особенно, в аллювиальной дерновой и дерново-глееватой почвах пойм.

ГЛАВА 4 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

4.1 Актуализация информационного обеспечения мониторинга земель объектов нефтегазового комплекса

Актуальность мониторинга земель обусловлена тем, что уровень экологически допустимого воздействия на землю в ряде регионов страны превышен, так как испытывает серьезную техногенную нагрузку. Все меньше остается земель, не вовлеченных в хозяйственный оборот. Природно-территориальные комплексы (ПТК) необратимо трансформируются под действием техногенных сил и превращаются в техногенные природно-территориальные комплексы (ТПТК), природно-антропогенные ландшафты (ПАЛ), созданные хозяйственной деятельностью человека.

Нефть и газ являются важнейшими компонентами мировой энергетики. Они удовлетворяют потребности человечества в источниках энергии более чем на треть. В настоящее время в суммарном потреблении природных энергетических ресурсов в мире доля нефти составляет 40%, газа - 23%. При этом в балансе энергоисточников России доля природного газа составляет 52%, а нефти - 23%. Наша страна обладает крупнейшими природными ресурсами углеводородов. Поэтому нефтегазовая отрасль является ключевой в экономике современной России [2].

Важную роль в деятельности нефтегазового комплекса России играют транспортные системы (нефте, газо- и продуктопроводы, танкеры для перевозки нефти, нефтепродуктов и сжиженного газа). В настоящее время на территории нашей страны эксплуатируется более 1 млн. км магистральных, промысловых и распределительных нефте, газо- и продуктопроводов. Трубопроводная система покрывает 35% огромной территории страны, на которой проживает почти 60% ее населения. Только на магистральных трубопроводах ежегодно происходит в среднем около 55 аварий.

На предприятиях добычи, хранения, транспортировки, раздачи и переработки нефти, газа и нефтепродуктов обычно имеют место безвозвратные потери, обусловленные утечками, разливами, прорывами и авариями, а также другими источниками, что приводит к загрязнению окружающей среды. При этом нефть и нефтепродукты являются одними из наиболее опасных видов загрязнения. Это связано с тем, что они представляют собой смесь органических соединений, содержащих большое количество химически активных веществ, которые изменяют состав объектов окружающей среды, преобразуя естественные компоненты в токсичные формы.

Для обеспечения безопасности и повышения эффективности хозяйственной деятельности НГК исключительное значение приобретают разработка и внедрение в практику новых методов и средств получения данных о состоянии объектов НГК и окружающей среды, на которую эти объекты оказывают то или иное влияние [1].

В связи с этим, актуальной научно-практической задачей является разработка для основных объектов нефтяной и газовой промышленности единой научно обоснованной системы мониторинга, которая позволяла бы оперативно выявлять выбросы вредных веществ - загрязнителей атмосферного воздуха и других природных объектов, связь количественных показателей выбросов с технологией, метеорологическими параметрами. Полученные при этом данные должны служить научной основой для:

- прогнозирования вероятности образования опасных концентраций вредных веществ в воздухе, воде и почве;
- определения размеров загрязненных участков, опасных зон, возможных последствий;
- выработки и принятия управленческих решений по предотвращению или ликвидации техногенных последствий.

Ведение мониторинга базируется на создании и оборудовании специальной режимной сети и наличии долгосрочной программы наблюдений.

В зависимости от места нахождения региона и целевых задач режимной сети система наблюдений может быть региональной или локальной, а также осуществляться на типовых участках и опытных полигонах. Режимная сеть включает существующие и специальные пробуренные скважины, наблюдательные посты за изменением метеоусловий и гидрогеологических характеристик поверхностных водотоков. При стационарных исследованиях на ключевых участках выполняется контроль за составом и формами нахождения загрязняющих веществ в воздухе, почве, воде и грунтах.

Комплексное изучение физикохимической трансформации нефтяных углеводородов во всех основных компонентах окружающей среды позволяет очертить очаг загрязнения, составить прогноз его развития как по площади, так и по разрезу и предложить мероприятия по его ликвидации. Одновременно на полигонах ведутся наблюдения за оседанием земной поверхности, которое возможно при интенсивной эксплуатации нефтяных месторождений.

Из этого следует и необходимость в разработке комплексной методики мониторинга земель НГК, актуализация данных мониторинга для прогнозирования состояния окружающей среды с целью оперативного реагирования в случае необходимости [3].

Нами также предлагается выполнить экологическое зонирование территории природно-антропогенного объекта НГК Сахалинской области с возможностью визуализации при помощи электронных карт, с возможностью структурирования информации по функциональному использованию территории и обоснованию индекса антропогенной нагрузки, учитывающего соотношение ненарушенных земель и нарушенных хозяйственной деятельностью.

4.2 Формирование информационной системы мониторинга за состоянием недропользования

Информационное обеспечение управления антропогенными ландшафтами на любом уровне: федеральном, региональном, местном, локальном, невозмож-

но без полной, объективной, актуальной информации о состоянии антропогенных ландшафтов, тем более на территориях, где происходит вторжение в недра при разработке месторождений полезных ископаемых и имеет место тесное взаимодействие участков недр с земной поверхностью. Традиционно, информационными системами, позволяющими получать, систематизировать и выдавать необходимую информацию, являются системы мониторинга и кадастров (реестров, регистров).

Объектом горной геоинформатики является технологический комплекс горного предприятия, а также образуемые при этом ландшафты, залежи полезного ископаемого, вмещающие их породы и прочие природные и техногенные компоненты, определяющие условия разработки месторождения в пределах земельного и горного отвода.

При этом разработка месторождения полезного ископаемого и формируемый при этом горнопромышленный ландшафт затрагивает значительные территории с весьма различными природными и антропогенными объектами, реализуясь как на поверхности, так и в недрах.

С этой целью выделим основные факторы влияния горного производства на окружающую среду, предопределяющие необходимость осуществления комплекса мониторинговых наблюдений за состоянием объектов ГПЛ и разработки системы учета объектов ГПК.

К таковым факторам можно отнести следующие:

- расположение месторождения полезного ископаемого, полезные и сопутствующие компоненты, состав и содержание вмещающих пород, структура массива горных пород;
- размещение объектов ГПЛ и ГПК на земной поверхности и в недрах, их назначение как источник негативного воздействия на окружающую среду;
- выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ от источников ГПК и ГПЛ;
- сбросы в поверхностные и подземные воды загрязняющих веществ из источников ГПК и ГПЛ;
- шумовые воздействия от источников ГПК, формирующих стрессовые районы на территориях традиционного природопользования;
- изменение природных напряжений в массиве горных пород в районе ведения горных работ как причину проявления деформаций земной поверхности;
- изменение температурного режима грунтов и горных пород в процессе ведения горных работ;
- загрязнение и деградация почв и растительности в районе негативного влияния горного производства;
- появление зон повышенной радиоактивности при ведении горных работ и первичной переработки полезных ископаемых;
- деформации зданий и сооружений вследствие вредного влияния горных работ и перерабатывающего производства.

При этом разрабатываемые информационные системы обязательно должны взаимодействовать с другими информационными системами о природных и

антропогенных объектах, расположенных на территории горнопромышленного комплекса и в непосредственной близости к нему.

При разработке и установлении принципов ведения мониторинга горнопромышленных ландшафтов, необходимо выполнить анализ существующих государственных и ведомственных мониторингов как в области охраны окружающей среды, т.е. природных объектов, так и в области сохранения нормальной эксплуатации антропогенных объектов.

Законодательно ведение государственных информационных систем (кадастров, реестров, регистров, а также мониторингов) осуществляется непосредственно федеральными органами исполнительной власти или их территориальными органами либо органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации относительно природных ресурсов, ландшафтов или технологических объектов, расположенных на их территории.

Возможность использования материалов информационных фондов для ведения мониторинга ГПЛ и кадастра объектов ГПК представлены на рисунке 21.



Рисунок 21 - Взаимосвязь государственных фондов данных и материалов с мониторингом ГПЛ и кадастром объектов ГПК

Таким образом, использование государственных (федеральных) информационных фондов позволяет выполнять ведение мониторинга ГПЛ и кадастра объектов ГПК в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации, формируя при этом актуализированную, объективную, полную базу данных, позволяющую сформировать исходную основу на территории ГПК на момент начала ведения мониторинга ГПЛ и подготовки сведений об объектах ГПК, а также определяющую средства и методы, используемые при ведении мониторинга ГПЛ на территории ГПК.

Исходя из объекта исследования – ГПЛ, организуемую систему наблюдения за изменением состояния его объектов, а именно, мониторинг ГПЛ, можно охарактеризовать как комплексный, совмещающий локальный уровень (ГПК на ГПТ) и импактный характер, т. е. отражающий процессы изменений, зависящие от антропогенных факторов, зачастую приобретающие чрезвычайный характер, и имеющий сроки и периодичность наблюдений от базового до ретроспективного.

С другой стороны, учитывая, что комплексные долговременные наблюдения должны производиться за объектами, во-первых, являющимися опасными производственными объектами, во-вторых, являющимися конструктивными зданиями и сооружениями и, в-третьих, являющимися источниками загрязняющих веществ, такой мониторинг должен, по сути, являться инженерно-экологическим мониторингом, совмещая в функциональном составе две самостоятельные его разновидности: экологический и геотехнический мониторинг. Причем, экологический мониторинг должен рассматриваться как система наблюдений за антропогенными изменениями природной среды вследствие воздействия факторов горнотехнологического характера и прогнозирования ее состояния, включая переход в область экологически экстремальной ситуации.

В свою очередь, геотехнический мониторинг должен рассматриваться как система оценки техногенного источника и экологического риска в процессе функционирования объектов ГПЛ.

Целью первого мониторинга можно считать оценку допустимых техногенных воздействий на природные ландшафты, чтобы принять меры к недопущению ситуации, когда уровень экологического баланса в ней будет неосуществимым. Целью геотехнического мониторинга должен являться прогноз ожидаемых изменений в природной среде и в формируемых объектах ГПЛ под воздействием техногенных факторов, а также уровня таких воздействий, являющихся недопустимыми, критическими, исключающими самовосстановление ГПЛ до уровня экологического баланса, для подготовки мероприятий по предотвращению негативных последствий.

В соответствии с ФЗ «Об охране окружающей среды» создается единая система государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды).

Что касается природно-антропогенных и антропогенных объектов, то надо иметь в виду, что подсистему разрабатываемого мониторинга ГПЛ можно разделить на две группы исходя из следующих условий:

– первая группа характеризуется условно-определенной информацией о свойствах, составе и содержании объектов наблюдений, что позволяет предположить изменение характеристик объектов наблюдений от влияния внешних и внутренних факторов и обосновать методику наблюдений и обработку результатов наблюдений;

– вторая группа характеризуется неопределенной информацией об объекте наблюдений, что предполагает осуществить прогноз развития процесса изменения характеристик такого объекта в будущем *только* на основе подготовленных и проведенных наблюдений.

К первой группе, например, можно отнести мониторинг за выбросами вредных веществ из объектов ГПК в атмосферный воздух, так как известен источник выброса, объем и ориентировочные направления переноса массы загрязняющих веществ и ареал загрязнения почв, т.е. пылегазодинамический механизм процесса изменения характеристик окружающей среды.

Ко второй группе можно отнести мониторинг за объектами ГПЛ на ликвидированных объектах ГПК, особенно, на таких, информация по которым по тем или иным причинам не сохранилась.

Так как при разработке МПИ земная поверхность и недра взаимосвязаны, то целесообразно говорить о мониторинге объектов ГПЛ в составе объектов ГПК, т.е. системе наблюдений, непрерывных или периодических, за объектами ГПЛ, располагающимися как на земной поверхности, так и в недрах. Тем не менее, в этой системе необходимо выделить совокупность мероприятий, позволяющих по изменениям самой земной поверхности и расположенных на ней зданий и сооружений, т. е. объектов ГПЛ, судить о процессах, происходящих в недрах, в массиве горных пород, вмещающих полезные ископаемые, в процессе проведения горных работ, т. е. о состоянии подземных объектов ГПЛ.

Естественно, что этими процессами затрагиваются и природные и природно-антропогенные ландшафты, расположенные либо непосредственно в зоне ведения горных работ, либо в зоне негативного влияния горных работ.

Поэтому, прежде чем рассматривать систему мониторинга объектов ГПЛ, необходимо выполнить анализ требований законодательства по обязательному наблюдению за состоянием антропогенных объектов, которые могут стать причиной чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Анализ существующих государственных мониторингов состояния природных и антропогенных объектов показывает, что ни один из них не может полностью удовлетворять условиям, предъявляемым к получению полной и объективной информации об объектах ГПЛ, а также не может удовлетворить требования к созданию системы наблюдений за состоянием объектов ГПЛ. Они не в полной мере обеспечивают всей информацией об объектах ГПЛ и носят общий характер.

Таким образом, налицо необходимость в разработке подсистемы комплексного мониторинга состояния объектов ГПЛ на территории ГПК, имеющей тесную связь с существующими мониторингами.

С этой целью предлагается создать подсистему ведомственного комплексного (локального) мониторинга состояния земной поверхности на территории ГПК и горнопромышленной территории, учитывающего состояние объектов ГПЛ и участков недр, влияющих на состояние земной поверхности, и, в конечном итоге, на принятие решений по управлению объектами ГПЛ.

Принципы, на которых создается подсистема комплексного мониторинга, можно выразить следующим:

- полнота охвата территории влияния горных работ на окружающую среду;
- точность и достоверность информации об изменениях земной поверхности и участков недр;

- выявление и учет горизонтальных и вертикальных связей ГПЛ, а также взаимосвязи изменений состояния объектов на земной поверхности и в недрах;
- возможность обмена информацией с другими информационными системами;
- гибкость к изменениям в структуре подсистемы мониторинга ГПЛ.

На рисунке 22 представлены объекты мониторинга ГПЛ, за состоянием которых должны быть организованы наблюдения.

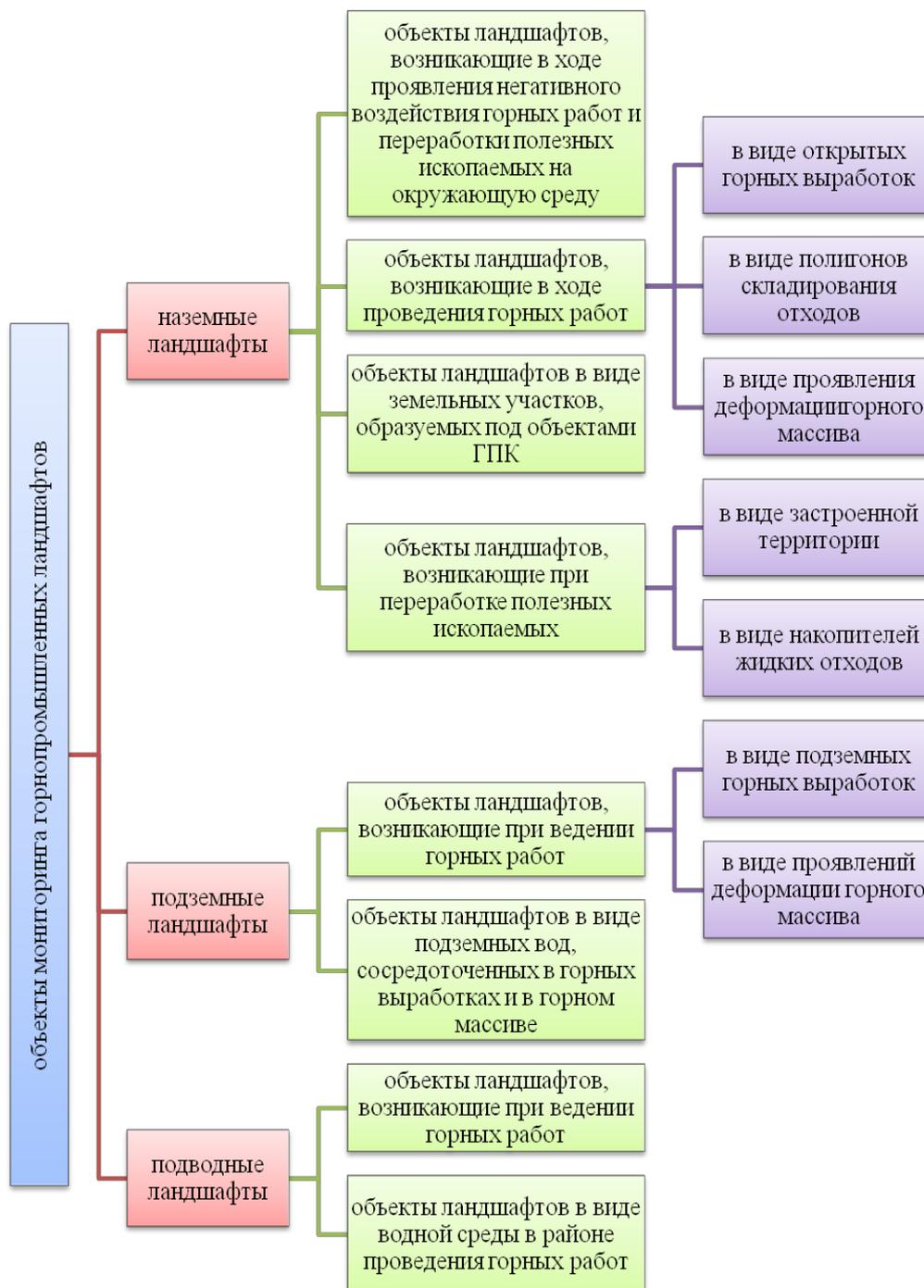


Рисунок 22 - Объекты мониторинга горнопромышленных ландшафтов

Таким образом, в случае действующего горнопромышленного комплекса объектами мониторинга являются горный и земельный отвод, зоны с особыми условиями использования территорий, а также объекты ГПЛ, расположенные

на них. В случае заброшенного или ликвидированного горнодобывающего предприятия, объектами мониторинга ГПЛ могут быть территории бывшего горного отвода, в том числе с заброшенными подземными горными выработками и/или земельные участки, занятые нерекультивированными полигонами размещения отходов горного производства, а также сопровождающие их нарушенные, деградированные и загрязненные земли (зоны с особыми условиями использования территорий).

Задачей создаваемого мониторинга является обобщение, анализ, выбор и совершенствование имеющихся средств, методов и методик наблюдений для выработки единого комплексного мониторинга за объектами ГПЛ с целью получения достоверной информации об их состоянии для управления ими.

Разделы мониторинга ГПЛ можно сформировать, исходя из отношения к изучению состояния его объектов, а именно:

- раздел по изменению объектов ГПЛ, расположенных на земной поверхности, т.е. система наблюдений за нарушенными землями;
- раздел по изменению объектов ГПЛ, расположенных в недрах, т.е. система наблюдений за состоянием подземных горных выработок;
- раздел по изменению качественного состояния земель, т.е. система наблюдений за загрязнением земель;
- раздел по изменению естественного состояния земель, т.е. система наблюдений за деградацией земель.

Неотъемлемой частью мониторинга являются методы и средства получения информации о состоянии объектов. Учитывая специфический вид объекта изучения, несомненно, могут применяться не только общепринятые, но и специальные методы и средства наблюдений, наиболее рациональные и эффективные в частных случаях.

4.3 Информационный специализированный Центр мониторинга земель нефтегазовых комплексов на примере Сахалинской области

Развитие нефтегазового комплекса в Сахалинской области, привело к увеличению негативного воздействия на земельные ресурсы, что проявляется в механическом повреждении земель, загрязнении окружающей среды и загрязнении, и деградации значительных территорий, зачатую расположенных на землях особо охраняемых территорий и малых народностей о. Сахалин. Характер, интенсивность воздействия на земли зависят от многих факторов и определяются не только характеристикой объекта воздействия, но и особенностями геоэкологической системы реагировать на техногенные нагрузки, определяющейся природно-климатическими условиями, особенностями рельефа, свойствами почв, гидрологическим режимом и многим другим.

Взаимодействие объектов НГК и компонентов окружающей среды, учет всех возможных источников негативного воздействия на земельные ресурсы, выявление изменений состояния земель с точки зрения обеспечения экологической безопасности территории, находящейся в зоне влияния объектов НГК должны определяться при проведении мониторинга земель, который позволяет не только проводить регу-

лярное обследование территории и на основе анализа полученных данных своевременно выявлять изменения о состоянии природно-технической системы (ПТС) «объекты НГК - природная среда (земли)», но и по мере накопления данных разрабатывать прогнозы обеспечения оптимального состояния ПТС НГК, моделировать состояние земель и обосновывать мероприятия по предотвращению или восстановлению нарушенных земель, а также корректировать проектные решения по специальной инженерной защите производственных объектов и природной среды на участках, для которых установлено критическое состояние, что в свою очередь обеспечит право человека на благоприятную окружающую среду закрепленную в статье 42 Конституции Российской Федерации.

Существуют различные подходы, методы и способы определения состояния земель с применением современных приборов и оборудования, технологий. Все большую популярность приобретают дистанционные методы зондирования Земли, которые так или иначе встраиваются в блок-схему системы мониторинга, предложенную Ю.А. Израэлем (1984) (рис.1) и поддерживаемую многими учеными и специалистами, занимающимися исследованиями проблематики мониторинга (Дмитриев, 2004; Емельянов, 1994; Калинин, 2007; Майстренко, 2004).

Как следует из рисунка 23, мониторинг разделяется на блоки: «Наблюдения», «Оценка фактического состояния», «Прогноз состояния» и «Оценка прогнозируемого состояния».

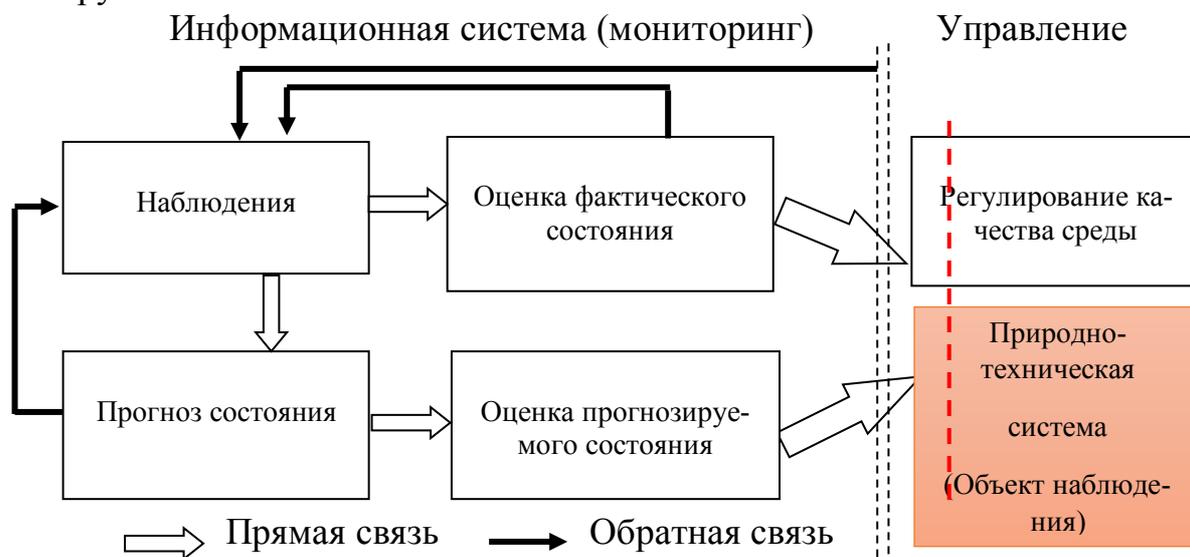


Рисунок 23 - Блок-схема системы мониторинга. (Источник: Израэль, 1984)

Однако на практике эти блоки реализуются не полностью, нет представленного взаимодействия между блоками и что самое важное - отсутствует обратная связь, наблюдения разрознены по различным объектам, показателям и ведомствам. Из этого следует, что и информация, хранящаяся в единой базе данных, оказывается неполной, а, следовательно, недостоверной. Кроме этого, в этой схеме отсутствует еще один основной блок – «Объект наблюдения», который является наиболее сложной системой, включающей в себя, природный и техногенный объект и может быть представлен как природно-техническая система (ПТС).

Принятию решений, связанных с реализацией действий на земле, обязательно должен предшествовать анализ множества различных достоверных и регулярно обновляемых данных о состоянии земель и окружающей среды. А основная цель всякой Программы мониторинга — должна быть полная и достоверная информация на объект исследования, используемая в последующем для поддержания равновесного состояния и решения проблем устранения или предотвращения экологических нарушений.

Нефтегазовая отрасль, являясь сложной по структуре, технологическому оснащению, характеризуясь большой протяженностью линейных объектов, транспортирующих углеводородные сырье или продукты их переработки, является одной из экологически неблагоприятных. При этом транспортные магистральные системы представляют собой связующие элементы трансграничных энергопотоков. Источниками загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы являются практически все технологические объекты и сооружения, эксплуатируемые в составе нефтегазовой и нефтехимической отраслей. Мощное негативное воздействие оказывается при авариях на линейных и площадных источниках. Современный опыт показывает, что безопасное и эффективное функционирование крупных промышленных объектов может быть достигнуто в результате проведения комплексного мониторинга объекта с точки зрения его функционирования как единой природно-технической системы (ПТС) [2], а, следовательно, организация мониторинга, разработка Программы мониторинга должна осуществляться для единой природно-технической системы нефтегазового комплекса (ПТС НГК).

В основу специфики мониторинга земель нефтегазовых комплексов, как уже было отмечено, положен территориальный охват объектами. Показатели составляющих системы мониторинга должны формироваться с привязкой к определенной территории как природного ресурса, обладающего определенным природно-ресурсным потенциалом и пространственным базисом деятельности человека, которая является источником техногенеза. Измененные природные комплексы и их компоненты влияют на самого человека и его деятельность, что влечет за собой ряд часто нежелательных последствий. В связи с этим особое значение приобретает своевременное получение достоверной и полной информации об объекте хозяйственной деятельности, а объекты НГК относятся к объектам особо опасным для окружающей среды [3].

Исходя из содержания мониторинга, мониторинг земель НГК может быть представлен системой наблюдений за состоянием природно-техногенной системы нефтегазового комплекса (ПТС НГК), образованной природным объектом и техногенным объектом НГК (комплексом объектов НГК), взаимодействующих между собой в окружающей среде и определяющих во взаимосвязи интегрированные показатели состояния ПТС НГК, причем, необходимо определять ПТС НГК с учетом характера воздействия техногенного объекта на природную среду, от этого зависит набор инструментов, технологий и методик осуществления мониторинга земель как основного базиса размещения объектов НГК и природного ресурса.

Исследование научных основ, технических средств и организационных решений по построению эффективной системы мониторинга за состоянием окружающей среды нефтегазовых комплексов в Сахалинской области осуществляется с 1996 года при непосредственном участии Государственного комитета по экологии и охране природы Сахалинской области (Госсахэкологии), однако в современных условиях система требует совершенствования для эффективного оперативного, непрерывного сбора, обработки и оперативного представления информации о состоянии объектов НГК окружающей среды и земель, что и является основной задачей системы мониторинга сахалинских НГК. Для создания системы мониторинга ПТС НГК необходимо объединить локальные, региональные и федеральные системы мониторинга состояния земель, окружающей среды. Все ключевые посты наблюдений могут быть дополнены соответствующими современными технологическими и компьютерными системами, обеспечивающими получение и обработку комплексной информации состояния ПТС НГК.

Непрерывное наблюдение возможно с использованием современного автоматизированного оборудования и систем дистанционного зондирования всех составляющих региональной РПТС НГК (рис.2) и передача таких данных в единый специализированный информационный Центр (рис.3).

Информационная система ПТС НГК формируется из локальных подсистем ЛПТС НГК, сформированных при зонировании территории НГК по функциональному использованию. Количество таких зон зависит от объектов НГК, их целевого назначения, расположенных на рассматриваемых земельных участках. В зависимости от хозяйственной деятельности объекта и категории земель зависит и набор технологий, методик сбора и обработки полученных данных, которые в автоматизированном режиме передаются в информационный специализированный Центр (рис.3).

При создании системы мониторинга по такому принципу изначально могут быть учтены потребности в информационном специализированном Центре для объектов НГК, в который информация поступает непрерывно, что позволит оперативно принимать решения и проводить мероприятия, а это позволит более надежно обеспечить безопасность человеческой жизни, природной среды, попадающих в зону влияния объектов НГК.

Это является веским основанием для развертывания комплексного мониторинга состояния земель, окружающей среды нефтегазовых комплексов. Информационный специализированный Центр мониторинга должен действовать в оперативном режиме и в составе Минприроды и экологии по Сахалинской области.

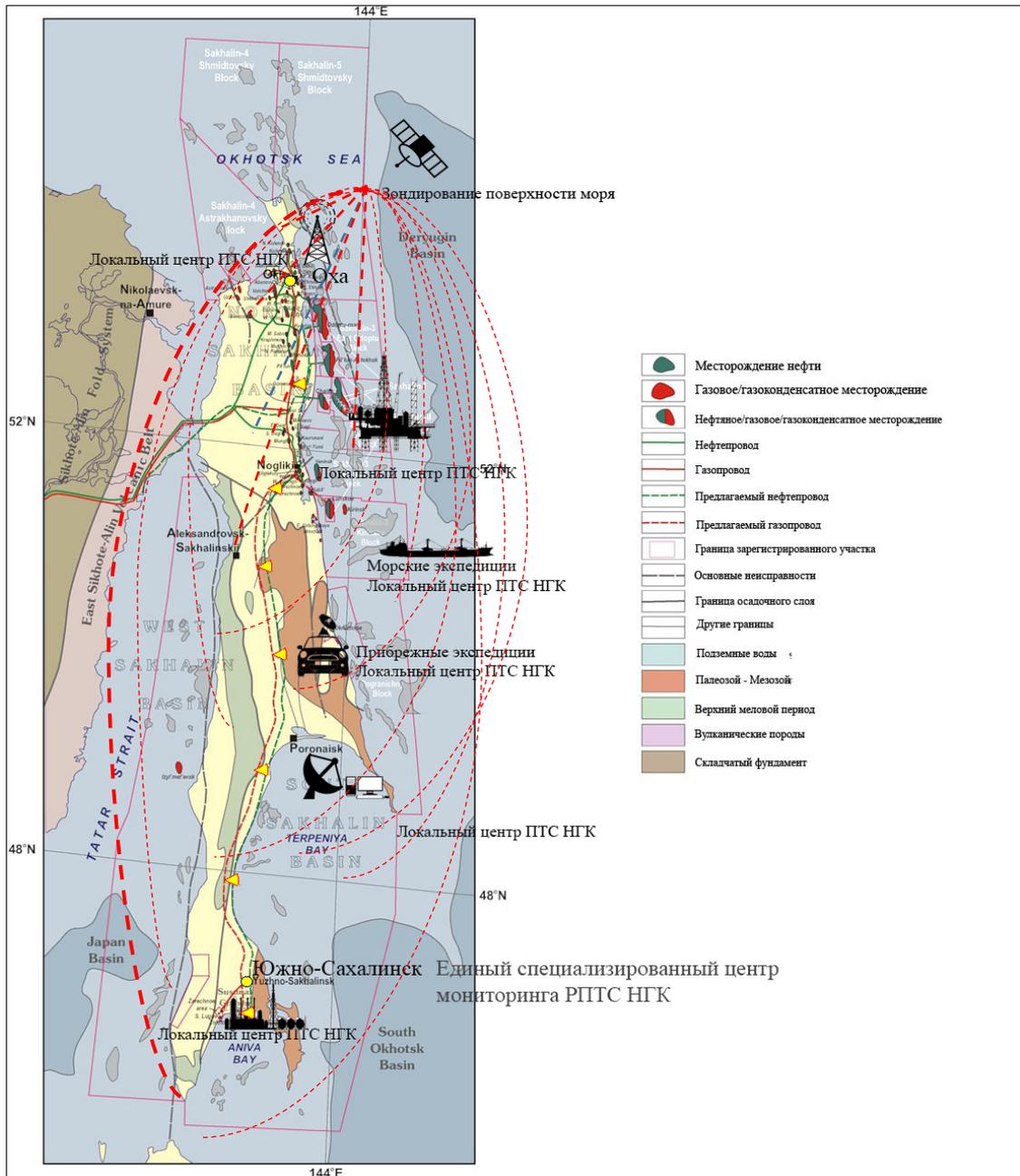


Рисунок 24 - Схема обеспечения комплексного мониторинга земель РПТС НГК

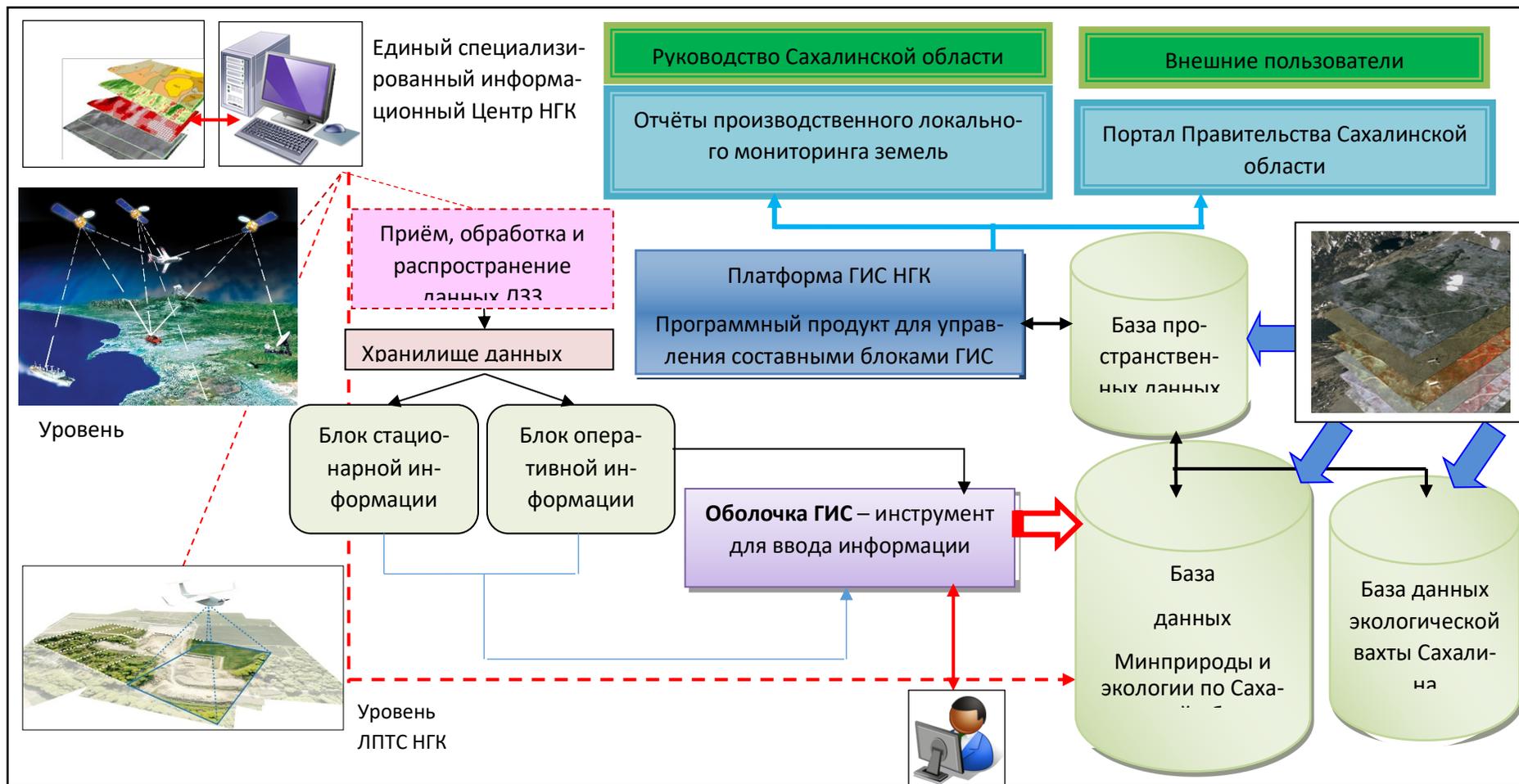


Рисунок 25 - Схема информационного взаимодействия при осуществлении комплексного мониторинга земель ЛПТС НГК

Заключение

В результате анализа физической составляющей экологической устойчивости агроландшафтов к природной и антропогенной нагрузкам определена общая нагрузка на агроландшафты, а также интенсивность деградации земель, сделан вывод о прямом отношении интенсивности деградации земель, как основного показателя устойчивости, к уровню природной нагрузки и обратном к уровню антропогенной нагрузки на агроландшафт. Полученный результат свидетельствует об имеющейся тенденции к увеличению техногенно-антропогенного воздействия на территории, имеющие большой запас прочности к реакции на воздействующую нагрузку.

Нами проведена оценка экологической устойчивости агроландшафтов Центрального федерального округа на основе оригинальной методики. Определены следующие основные показатели:

- отношение интенсивности деградации земель к природно-антропогенной нагрузке;
- отношение площади стабилизирующих угодий к дестабилизирующим;
- отношение фактической биологической продуктивности к ожидаемой.

Каждый из предложенных показателей характеризует устойчивость агроландшафтов со стороны соответственно физической, эколого-ландшафтной, и биологической составляющих.

По полученным данным значительная часть агроландшафтов обладает низким уровнем экологической устойчивости. Так, согласно интерполированным данным, около 80% агроландшафтов Воронежской области (4 млн га) обладают низким уровнем экологической устойчивости, в том числе 13% (более 500 тыс. га) находятся в критическом разрушаемом состоянии.

На основании проведенных исследований даны рекомендации по экологической оптимизации и рациональному использованию агроландшафтов

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ. // Рос.газ.- 2001. – 30 окт., с изм и доп. (пп. 8 п. 1 ст. 1).
2. Федеральный закон от 21.12.2004 № 172-ФЗ «О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую». // Рос.газ. – 2004. – 30 дек. с изм и доп. (п. 1 ст. 14).
3. Федеральный закон от 15.04.1998 № 66-ФЗ «О садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединениях граждан». // Рос.газ. – 1998. – 23 апр. с изм и доп.
4. Федеральный закон от 28.01.2000 № 28 ФЗ «О государственном земельном кадастре», - Рос.газ. – 2000, - 10 янв. (п. 2, ст. 14), к настоящему времени данный закон утратил силу.
5. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 03.03.2012 № 297-р. - Собрание законодательства РФ – 2012. - N 12, ст. 1425. см. - <http://www.duma.gov.ru/systems/law/?number=50654-6>.
6. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 30.07.2010 № 1292-р. - Собрание законодательства РФ – 2010 - N 32, ст. 4366.
7. Бабина Ю.В., Варфоломеева Э.А. Экологический менеджмент: Учебное пособие. - М.: ИД «Социальные отношения», Изд-во «Перспектива», 2002. – 345с.
8. Багрянцев В.А., Воронич С.С., Ломакин Г.В., и др., «Эколого-экономические аспекты системы управления природопользованием территорий регионального уровня» Экономика природопользования, ВИНТИ РАН, №1, 2012, с. 21-29.
9. Багрянцев В.А., Мещеряков Б.Н., Степченко В.Н., Вербицкий Б.Б., Воронич С.С., Тихомирова М.А., Разяпов А.З. Принципы организации системы мониторинга загрязнений промышленно-урбанизированных территорий, Тезисы доклада 13 Европейской конференции по химии объектов окружающей среды - ЕМЕС13, Москва 5–8 декабря 2012.
10. Багрянцев В.А. «Методологические основы и принципы организации комплексной системы экологического мониторинга регионального уровня», Свтгеотехніки, № 1, 2013, с.22-26 (Украина).
11. Вильямс, В.Р. Вопросы повышения урожайности и реконструкции сельского хозяйства /В.Р. Вильямс- М.: Новый агроном,1929. -136 с.
12. Волков, С.Н. Землеустройство. Учебник для вузов: [в 6 т.] Т.1: Теоретические основы землеустройства/С.Н. Волков. -М.: Колос,2001. - 496с.
13. Волков С.Н. Землеустройство. Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений./С.Н. Волков. – М.:ГУЗ, 2013.-992с.
14. Волков С.Н. Экономико-математические методы и модели в землеустройстве. /С.Н. Волков. – М.: Колос, 2007. – 696с.
15. Воронич СС., Разяпов А.З., Багрянцев В.А. и др., «Способ оперативного контроля атмосферных загрязнений локальных территорий»МКИ А 01 611. 9/00 МПК G01W1/00 (2006.01) Заявка на патент РФ

16. Воронич СС., Разяпов А.З., Багрянцев В.А. и др., «Передвижная экологическая лаборатория оперативного контроля атмосферных загрязнений локальных территорий»МКИ А 01 611. 9/00 МПК G01W1/00 (2006.01) Заявка на патент РФ.
17. Гендельман, М.А. О развитии теории социалистического землеустройства: Науч. тр. / Целиног. с.-х. ин-т. 1974. - С.21-25.
18. Герман, И.Е. Земельные дела в Западно-Европейских государствах. - М.:1913.
19. Землеустроительное проектирование/Под ред. С.А. Удачина. - М.: Колос, 1962.
20. Землеустроительное проектирование/Под ред. С.А. Удачина. - М.: Колос, 1969.
21. Иванов Н.И. Прогнозирование, планирование и организация территории административно-территориальных образований [Текст]: учебно-методическое пособие и задания для РГР / Н.И. Иванов, И.В. Фомкин, А.И. Соловьев. – М.: ГУЗ, 2013. – 160 с.
22. Кавелин, СП. Земельное право и земельный процесс. - Воронеж. -1925. - 135с.
23. Калачева С.А. Операции с недвижимостью. – М.: ПРИОР, 2002. – 78 с.
24. Коростелев С.П. Основы теории и практики оценки недвижимости: Учебное пособие. – М.: Русская деловая литература, 2000. – 134 с.
25. Клыков М.С. Основы управления. Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений / М.С. Клыков, Н.П. Григорьев, Т.И. Балалаева.– Хабаровск.: ДВГУПС, 2007. – 186с.
26. Липски С.А. О целевом назначении земельных участков и делении земельного фонда на категории в современных условиях. // Право и инвестиции, 2011. № 2 (47), С. 78-83.
27. Липски С.А. Государственное регулирование оборота земель сельскохозяйственного назначения в условиях развития рыночных отношений (теория, методы, практика: российская модель конца XX - начала XXI века): Монография. - М.: «ЭКМОС», 2005. – 162 с., С. 108.
28. Маркс К. Капитал. Процесс капиталистического производства, взятый в целом // Маркс К. Энгельс Ф. - Соч. Т. 25, ч.2.
29. Мозжухин, И.В. Землеустройство в Богородицком уезде Тульской губернии. - М.1917.
30. Мамедов Н.М. Основы социальной экологии.//Техника, общество и окружающая среда- 2003. - № 6. -С. 34-37
31. Марфенин Н.Н., Фомин С.А. Ресурсы экополитики в современной России//Россия в окружающем мире: 2003 (Аналитический ежегодник). – М.: Изд-во МНЭПУ, 2003. – 336 с.
32. Научные и методические основы землеустройства/Под ред. М.А. Гендельмана. - М.: Колос,1978.
33. Об экологической экспертизе: Федеральный закон РФ от 19 июля 1995 года № 174-ФЗ. Недвижимость: Словарь-справочник/Авт.- сост. Н.А. Голощапов, С.И. Помазкова; под ред. В.И. Осипова. – М.: ИТРК РСФСР, 2000. – 424 с.

34. Оценка рыночной стоимости недвижимости: Учебно-практическое пособие. – М.: Дело, 1998. – 384 с.
35. Першин, П.Н. Социально-экономическая теория землеустройства//На аграрном фронте. -1925. -№5-6.С41-51, №7-8.С.38-47.
36. Прошляков, В.П. Использование и охрана земель. М.: Колос,1979.
37. Пахомова Н.В., Эндрес А., Рихтер К. Экологический менеджмент. - СПб.: Питер,2003 - 269с.
38. Ричард Б. Пейзер, Анна Б. Фрей. Профессиональныйдевелопмент недвижимости. UrbanDevelopmentPublishing (UDP), 2004. – 120с.
39. Разяпов А.З., Багрянцев В.А., Степченко В.Н. и др. «Мониторинг аэрозольных загрязнений атмосферы и возможности аппаратурно-методической базы контроля частиц различной дисперсности», Вестник РАЕН, № 4, 2011.
40. Разяпов А.З., Васючкова Е.И., Воронич С.С., Багрянцев В.А., Степченко В.Н. и др. «Возможности развития аппаратурно-методического обеспечения региональной системы экологического мониторинга», “Экологические системы и приборы, № 7 2012, с. 13-17.
41. Разяпов А.З., Воронич С.С., Багрянцев В.А., Жданович О.А., Пищиков Д.И., Возможности развития аппаратурно-методического обеспечения системы экологического мониторинга Московского региона, Вестник РАЕН, № 6, 2012.
42. Разяпов А.З., Воронич С.С., Багрянцев В.А., Степченко В.Н., Ломакин Г.В. Формирование и пространственно-временное распределение загрязнений атмосферного воздуха в пределах локальных зон промышленно-урбанизированной территории Вестник РАЕН, № 6, 2012.
43. Разяпов А.З., Багрянцев В.А., Ломакин Г.В., Степченко В.Н. «Методология и аппаратурно-методическое обеспечение систем экологического мониторинга регионального уровня», Материалы международной научно-практической конференции «Правовое регулирование проведения землеустройства», посвященной 100-летию Закона «О землеустройстве», М, ГУЗ, 2011, с. 205-213.
44. Сахаров, П.Д. Землеустроительный процесс в СССР. М.: Юридическая литература, 1968.
45. Снегирёв, М.А. Инвентаризация земель и наши задачи// Социалистическое землеустройство-1931-№2-3 С. 16-27.
46. Смагина О.В. Отнесение земель к категориям. перевод земель из одной категории в другую. // Имуущественные отношения в Российской Федерации. 2007. № 5. С. 63-76.
47. Сосунова И.А. Методология и методика социально-экологических исследований. -М: Изд-во «НИА-Природа», 1999. 144 с.
48. Хауке, О.А. Понятие землеустройства//Вестник землеустройства и поселений. -1927. -№ 1.С. 16-48.