

**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. В.В. Вершинин
« _____ » _____ 201__ г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
кафедры почвоведения, экологии и природопользования
в 2016 году по теме:

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

Декан факультета землеустройства,
кандидат экономических наук,
доцент

М.А. Смирнова

Руководитель темы, заведующий кафедрой,
доктор экономических наук, профессор

В.В. Вершинин

Москва 2016

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ:

Руководитель темы

доктор экономических наук, профессор _____ В.В. Вершинин (разделы 1,4)
подпись, дата

Исполнители темы:

кандидат географических наук, доцент _____ А.О. Хуторова (разделы 2,3)
подпись, дата

доктор географических наук, профессор _____ В.А. Широкова (разделы 1,2)
подпись, дата

доктор биологических наук, доцент _____ Н.А. Хватыш (разделы 1)
подпись, дата

кандидат экономических наук, доцент _____ П.А. Лепехин (раздел 1,4)
подпись, дата

кандидат географических наук, доцент _____ Т.А. Соколова (раздел 3)
подпись, дата

доктор технических наук, профессор _____ Д.П. Гостищев (раздел 3)
подпись, дата

кандидат географических наук, доцент _____ А.Ф. Гуров (раздел 2,4)
подпись, дата

аспирант _____ Т.С. Горбатенко (раздел 3)
подпись, дата

аспирант _____ Г.В. Гумерова (раздел 3)
подпись, дата

аспирант _____ П.П. Лепехин (раздел 4)
подпись, дата

РЕФЕРАТ

Отчет включает 95 страниц, 25 рисунков, 21 таблицу, 48 источников литературы

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 2016 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 Интеграция ландшафтных исследований как базовая основа геоэкологической оценки состояния природно-социально-производственных систем	10
1.2 Эколого-геохимическая оценка состояния природно-социально-производственных систем	15
1.3 Геоэкологическое районирование	22
ГЛАВА 2 ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫБРОСОВ МЕТАНА В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	26
2.1 Характеристика метана и его содержание в атмосфере	26
2.2 Газовый комплекс как основной источник выбросов метана и антропогенного воздействия на окружающую среду	38
2.3 Мониторинг уровня загрязнений в районе структурных подразделений Московского производственного линейного управления магистральных газопроводов	49
2.4 Оценка экологического состояния ОС в районе газораспределительных станций (ГРС) магистральных газопроводов Московского региона	54
ГЛАВА 3 ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭРОЗИОННО - ОПАСНЫХ ЗЕМЕЛЬ В АГРОЛАНДШАФТАХ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ	66
3.1. Последствия водной эрозии почв в агроландшафтах речных бассейнов Белгородской области	66
3.2. Факторы развития водно-эрозионных процессов и подходы к их моделированию	71
3.3. Геоинформационное обеспечение оценки эрозионного потенциала рельефа	74
ГЛАВА 4 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА И КАДАСТРОВ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ	78
4.1 Актуализация информационного обеспечения мониторинга земель объектов нефтегазового комплекса	78
4.2 Формирование информационной системы мониторинга за состоянием недропользования	80
4.3 Информационный специализированный Центр мониторинга земель нефтегазовых комплексов на примере Сахалинской области	86
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	92

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

ВВЕДЕНИЕ

Широкое развитие процессов деградации земель на планете, вызванное природными и антропогенными факторами способствует снижению биопродуктивности сельскохозяйственных земель, развитию негативных процессов, включая эрозию, дегумификацию, вторичное засоление и прочее.

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 геокомплексов, 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 природоохраненных мероприятий в границах, выделенных геокомплексов.

Оценка сложившихся геоэкологических ситуаций территории проводи-

лась 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 Интеграция ландшафтных исследований как базовая основа геоэкологической оценки состояния природно-социально-производственных систем

Важнейшими задачами геоэкологического исследования состояния ПСПС являются: 1) анализ происхождения, развития и структуры природных территориальных комплексов; 2) изучение процессов переноса вещества и энергии в условиях спонтанного и техногенного развития геосистем; 3) выявление закономерностей хозяйственного освоения ландшафтов; 4) исследование антропогенных трансформаций ландшафтов и оценка устойчивости природных комплексов; 5) анализ и оценка природного и исторического наследия; 6) прогнозирование развития природных и антропогенных комплексов; 7) разработка системы мероприятий по оптимизации структуры и режима функционирования ландшафтов. В практике эти исследования выполняются для экологического обоснования хозяйственной деятельности при разработке концепций, программ, схем отраслевого и территориального развития, комплексного использования и охраны природных ресурсов, схем инженерной защиты, районных планировок и т. п.; генпланов населенных пунктов, проектов детальной планировки, проектов застройки функциональных зон кварталов и участков города; обоснований инвестиций в строительство объектов, промышленных предприятий и комплексов; проектов и рабочей документации для строительства предприятий, зданий и сооружений; организации экологического мониторинга за состоянием геотехнических систем.

Решение комплексных геоэкологических проблем по оптимизации функционирования и развития ПСПС предполагает организацию синтеза информации структурно-генетического, функционально-динамического, геофизического, геохимического, исторического, антропогенного, индикационного, эстетического (пейзажного), культурологического направлений современного ландшафтоведения, а также смежных с ним географических и экологических наук. Только такой подход позволяет наиболее полно раскрыть пространственно-временную организацию ПСПС, выделить особенности развития деструктивных процессов, выработать мероприятия по оптимизации взаимодействия природной, социальной и производственной подсистем. Отмеченные направления современного ландшафтоведения должны информационно дополнять друг друга, но методология их комплексного использования в настоящее время разработана недостаточно. Для решения этой задачи необходимо определить существенные в данном аспекте особенности каждого из направлений. Базовой основой геоэкологических исследований должно явиться структурно-генетическое ландшафтоведение, основы которого были заложены в работах Л. С. Берга, А. Г. Исаченко, С. С. Неуструева, Б. Б. Польшова, Л. Г. Раменского, Н. А. Солнцева и др. С ранних этапов становления

учения о ландшафте сформировались два взаимосвязанных течения: региональное и типологическое. Согласно региональной трактовке, термином «ландшафт» обозначается одна из таксономических единиц классификации природных территориальных комплексов (ПТК). Ландшафт делится на морфологические единицы: местности, урочища, фации. Каждый ландшафт рассматривается как своеобразное, неповторимое явление. В то же время ландшафтное картографирование обширных регионов привело к необходимости типологии природных комплексов – систематизации и классификации территориально разобобщенных участков ландшафтной оболочки. По сути, структурно-генетическое направление составляет основу учения о ландшафте, которое представляет для геоэкологических исследований информацию о пространственно-временной организации ПТК, а также методы ландшафтного картографирования. Как показывает опыт региональных исследований, электронные ландшафтные карты должны составлять центральное звено региональных геоинформационных систем (ГИС), создаваемых для геоэкологической оценки устойчивости, потенциала, состояния ПСПС и ландшафтного планирования хозяйственной деятельности. Изменчивость состояния ПСПС, связанная с суточной, сезонной, многолетней ритмикой, предполагает активное использование в геоэкологических исследованиях теории и методов функционально-динамического направления ландшафтоведения, изложенных трудах Д. Л. Арманда, Н. Л. Беручашвили, А. А. Григорьева, А. М. Грина, А. А. Крауклиса, А. А. Макуниной, И. И. Мамай, В. А. Снытко, В. Б. Сочавы и их последователей. Оно базируется на понятии «геосистема», под которой понимается «особый класс управляющих систем; земное пространство всех размерностей, где отдельные компоненты природы находятся в системной связи друг с другом...» [Сочава, 1978, с. 292]. По А. А. Крауклису [1979], геосистема представляет собой единство инертных (минеральный субстрат, рельеф), мобильных (различные виды энергии: энергия Солнца, гравитационная и др.) и биотически активных элементов среды. Информация о функционировании и динамике составляет основу для прогнозирования деструктивных геоэкологических процессов. Функционально-динамическое направление ландшафтоведения тесно соприкасается с геофизическими исследованиями ландшафта, основа которых была заложена в работах А. А. Григорьева, Н. Л. Беручашвили, К. Н. Дьяконова, А. Ю. Ретеюма и др. По определению К. Н. Дьяконова, «геофизика ландшафта – наука о физических свойствах, процессах и пространственно-временной организации геосистем как функционально-целостных объектов. Это прежде всего методическое направление в ландшафтоведении, изучающее роль физических полей в формировании локальной и региональной структуры ландшафтной сферы Земли, физическую (энергетическую, вещественную и информационную) сторону взаимодействия отдельных компонентов геосистем; их радиационный, тепловой и водный балансы; метаболизм со средой; физико-географические факторы фотосинтеза (биопродукционного процесса), трансформацию энер-

гии по трофическим цепям и детритные потоки энергии» [1988, с. 4]. Основываясь на системном подходе, геофизика ландшафтов дополняет геоэкологические исследования информацией о закономерностях пространственно-временной организации геосистем путем построения балансовых уравнений геосистем и уравнений их связи. Важнейшей составляющей в исследовании ПСПС является оценка их эколого-геохимического состояния. Геохимическое направление было заложено в работах Б. Б. Польшова, который отмечает: «То замечательное направление в географической науке, которое предопределяет ее будущее значение синтетического естествознания, следует назвать ландшафтным направлением» [1956, с. 493]. Он определяет ландшафт как систему, осуществляющую взаимодействие природных процессов. В созданном им геохимическом направлении в ландшафтоведении Б. Б. Польшов показал, что миграция химических элементов связывает между собой горные породы, почвы, природные воды и атмосферу. Изучение процессов миграции химических элементов позволяет раскрыть сущность взаимоотношений между компонентами ландшафта и его целостность. Во второй половине XX в. ведется разработка теоретических основ водной, воздушной и биогенной миграции химических элементов в ландшафтах, устанавливаются принципы и методы классификации геохимических ландшафтов, развиваются исследования геохимии техногенных ландшафтов. Крупный вклад в изучение закономерностей миграции, рассеяния и концентрации химических элементов и их соединений в природных и антропогенных комплексах внесли В. И. Вернадский, М. А. Глазовская, Н. С. Касимов, А. И. Перельман, Б. Б. Польшов и др. Перспективы развития геохимии ландшафтов для геоэкологических исследований ПСПС связываются с изучением распространения химических элементов, развитием теории ландшафтно-геохимических систем, разработкой классификации природных и техногенных ландшафтно-геохимических систем, изучением влияния геохимических условий на здоровье населения. В работах отечественных и зарубежных географов было показано, что культурные ландшафты (ПСПС) относятся к историческим явлениям и их современное состояние во многом определяется долговременной хозяйственной деятельностью человека. Различные стороны взаимодействия природы и общества исследуются в рамках исторического ландшафтоведения. Ключевыми аспектами при этом являются анализ воздействия природных факторов на развитие культуры и хозяйства; влияние природных условий на этногенез и формирование физического типа современного человека; история воздействия человека на ландшафт в связи с решением современных геоэкологических проблем. Определяя основные направления развития исторического ландшафтоведения, В. С. Жекулин отмечает, что задача исторической географии «состоит в изучении последовательно сменяющихся ландшафтных аспектов. В этом смысле аспект характеризует стадию в освоении географического ландшафта» [1982, с. 63]. Он полагает, что неременной задачей сквозного историко-ландшафтного анализа является определе-

ние возраста освоения природного комплекса. При этом нужно отличать время первого заселения территории от периода изменения ландшафтной структуры, обусловленного активным воздействием человека. Различия путей освоения ландшафтов определяются как особенностями развития производства, так и природными условиями. Практическое значение историко-географических исследований в геоэкологическом анализе ПСПС заключается в том, что при работе над моделями взаимоотношений природы и общества прошлого извлекается опыт, важный для решения современных экологических проблем. Значительный потенциал для геоэкологического исследования состояния ПСПС накоплен в антропогенном ландшафтоведении. Среди комплексных работ этого направления ландшафтоведения нужно отметить труды А. Г. Исаченко, Ф. Н. Милькова, В. Б. Михно, В. И. Федотова и др. В них раскрываются такие аспекты, как взаимоотношения общества и природной среды, эволюция отдельных типов антропогенных комплексов и их классификация, вопросы оптимизации использования ландшафтов. В целом создано достаточно целостное представление о возникновении, развитии и функционировании антропогенных ландшафтов. Использование этих ресурсов позволяет оптимизировать процедуры ландшафтно-экологического зонирования исследуемых ПСПС. Одним из важнейших направлений современного ландшафтоведения является ландшафтно-индикационное, разрабатывающее вопросы диагностики развития природных и техногенных процессов в природе по внешним особенностям ландшафтов. Ландшафтная индикация зарекомендовала себя как надежный метод при оперативной оценке состояния природных комплексов и картографировании трудно наблюдаемых (деципиентных) компонентов геокомплексов (геологических и тектонических структур, гидрогеологических условий, свойств почв и др.). Практическая направленность ландшафтной индикации в геоэкологических исследованиях возросла в связи с активным внедрением в науку и практику аэрокосмических методов. На их базе активно развиваются агроиндикация, геоиндикация, гидроиндикация, природоохранная индикация. Различные аспекты ландшафтной индикации получили развитие в работах С.П.Альтера, С. В. Викторова, А. С. Викторова, В. А. Николаева, А. Л. Ревзона, А. В. Садова и др. Апробация ландшафтно-индикационного метода в геоэкологической оценке состояния ПСПС осуществлена во многих естественных ландшафтах и их антропогенных модификациях. Аэро- и космические снимки должны составлять базовую информационную основу ГИС, ориентированных на анализ глобальных, региональных и локальных геоэкологических ситуаций. В последние годы активно развивается культурологическое ландшафтоведение. В наиболее широкой трактовке «культурный ландшафт» – результат целенаправленного воздействия человека на геокомплексы. В то же время, по образному выражению В. А. Николаева, «культурный национальный ландшафт – "эстафета" поколений. С ним от эпохи к эпохе передаются накопленные веками материальные и духовные богатства нации. Одновременно культурная

ландшафтная среда растит и формирует свой будущий социум. Люди строят и оберегают родные этнические ландшафты, а ландшафты духовно созидают и воспитывают людей. В системе "социум – ландшафт" существует прямая и обратная духовная связь [2000, с. 82]. Современные ПСПС содержат напластования разновременных элементов культур разных народов. Поэтому изучение культурных ландшафтов представляется как синтетическое географическое направление, способное объединить не только географов, но и этнографов, историков, экологов в изучении природного и исторического наследия. Обогащение геоэкологического портрета ПСПС оценками эстетики ландшафтов позволяет углубить представления об их пространственно-временной организации, уточнить сценарии их развития. Как перспективное направление в геоэкологических исследованиях нужно рассматривать эстетику ландшафта – раздел ландшафтоведения, возникший на основе контакта эстетики, культурологии, психологии, общей экологии, рекреационного природопользования, ландшафтной архитектуры и изучающий особенности формирования и пространственно-временного распределения эстетических ресурсов ландшафтов (пейзажей). Их эстетическая оценка сопровождается своего рода витком понятийной спирали, возвращающим нас на новом уровне к Гумбольдтовой трактовке ландшафта, к попытке взглянуть на географическую реальность одновременно глазами ученого и художника. Современные теоретические основы эстетики и дизайна ландшафтов изложены в работе В. А. Николаева [2003]. Классиком современного ландшафтоведения проанализированы принципы и методы эстетического восприятия ландшафтов и оценки их эстетических достоинств. Рассмотрены приемы современного ландшафтного дизайна городских, рекреационных и других антропогенных геосистем. Очевидно, что эстетические ресурсы являются важнейшим элементом культурного ландшафта. Задачей геоэкологических исследований является не только исследование эволюции пейзажей культурных ландшафтов, но и их планирование. Важнейшей задачей геоэкологических исследований является разработка прогноза развития ПСПС. Основы ландшафтного прогнозирования закладывались в трудах Т. В. Звонковой, К. Н. Дьяконова, А. Г. Емельянова, В. А. Николаева, Ю. Г. Симонова, В. Б. Сочавы и др. Геоэкологическое прогнозирование основывается на знании причинно-следственных связей в ПСПС, звеньев последовательных событий, вытекающих одно из другого, на экспертных оценках. Внедрение теории и методов комплексных исследований ландшафтоведения в практику определило формирование прикладного (конструктивного) ландшафтоведения. Основы конструктивного ландшафтоведения были изложены в работах А. И. Воейкова, В. В. Докучаева, А. Г. Исаченко, В. С. Преображенского, Д. Л. Арманда, В. Б. Сочавы, В. А. Николаева, Г. Рихтера, В. И. Федотова и др. Важнейшей задачей этого направления является разработка теории и методологии оптимизации использования ландшафтов. В современной науке сложились два направления: изучение зависимости между пространственной структурой

землепользования и структурой ландшафтов, проводимое в целях рационального использования природного потенциала, и изучение изменения ПТК под влиянием отдельных типов хозяйственного воздействия. Сложность, многофакторность, длительность формирования антропогенных модификаций ландшафтов требует не только всестороннего пространственного анализа, но и рассмотрения процесса освоения с целью выявления тенденций изменения геокомплексов под влиянием исторически меняющихся типов землепользования. Выделенные проблемные направления развиваются достаточно обособленно. Качественно новые результаты, на наш взгляд, могут быть получены при развитии интеграционных процессов внутри современного ландшафтоведения, а также во взаимодействии со смежными науками (в первую очередь физико- и экономико-географическими, экологией, информатикой, историей, культурологией). Синтез теории и методов основных проблемных направлений современного ландшафтоведения, творчески обогащенный достижениями других наук, должен составить базовую основу региональных геоэкологических исследований, направленных на формирование культурных ландшафтов.

1.2 Эколого-геохимическая оценка состояния природно-социально-производственных систем

В результате хозяйственной деятельности человечества происходит значительное изменение геохимической обстановки. Огромные массы вещества извлекаются из природной среды. Входящие в них химические элементы перегруппировываются, создаются новые химические вещества. Отдельные химические элементы концентрируются для их дальнейшего использования. Но большая часть химических элементов, вовлеченных в процесс техногенеза, рассеивается в окружающей среде. Рассеяние химических элементов может выступать как побочный процесс хозяйственной деятельности человека (выбросы и сбросы промышленных предприятий, твердые отходы производства, выбросы транспортных средств и т. д.), а также носить преднамеренный характер (внесение химических удобрений, орошение мелиорированных земель и т. д.). Поэтому важной частью гео-экологического изучения территории являются эколого-геохимические исследования. Научной основой для эколого-геохимической оценки ПСПС является геохимия ландшафтов – наука, изучающая закономерности процессов миграции, рассеяния и концентрации химических элементов в ландшафтах. Теоретические основы науки о ландшафте и геохимии ландшафтов были заложены в фундаментальных исследованиях В. И. Вернадского, А. П. Виноградова, Б. Б. Польшова. Изучение ландшафтно-геохимических процессов основано на системном анализе различных процессов и явлений. Системный анализ позволяет адекватно описать динамику событий, происходящих в изучаемых природных объектах, с учетом их строения и взаимосвязи отдельных компонентов и дает возможность изучать комбинации различных факторов, прогнозировать состоя-

ние системы в зависимости от сочетания этих факторов. Изучение процессов функционирования геосистем через дифференциацию и миграцию вещества позволяет выявить основные закономерности пространственного распределения твердой фазы вещества, особенности динамики жидкой, газообразной и живой фаз, разработать методы ландшафтно-геохимического анализа, синтеза, прогноза и оценки ПСПС и применять их для оптимизации природопользования. Для проведения эколого-геохимических исследований необходима синтетическая картографическая основа, характеризующая природные условия и особенности концентрации, миграции и рассеяния химических элементов. В качестве таковой выступает ландшафтная карта. При исследовании геохимических процессов важно учитывать соразмерность ландшафтной дифференциации территории, геотехнических систем и изучаемых геоэкологических процессов. Региональные ландшафтно-геохимические процессы достаточно отчетливо проявляются при среднемасштабном ландшафтном картографировании (масштаб 1 : 100 000 – 1 : 500 000), а для изучения «естественных» и «преобразованных» геотехническими системами геокомплексов территорий (крупные промышленные центры, населенные пункты и другие) используются крупномасштабные ландшафтные карты. Среди ландшафтно-геохимических систем по уровням организации и тесноте связей выделяют элементарные и каскадные системы. Принципы классификации «элементарных ландшафтов» были предложены Б. Б. Польшовым [1952, 1956], а в последующем дополнены М. А. Глазовской [1964, 1988]. Согласно Б. Б. Польшову [1952], элементарный ландшафт представляет определенный тип рельефа, сложенный одной породой или наносом и покрытый в каждый момент своего существования определенным растительным сообществом. Критерием однородности взаимодействия компонентов ландшафта он предложил считать почву, так как она формируется в результате взаимодействия горных пород, совокупности обитающих в почве и на ее поверхности растительных и животных организмов. По условиям миграции химических элементов выделяют три основных типа элементарных ландшафтов: элювиальные, супераквальные (надводные) и субаквальные (подводные) [Польшов, 1956]. Элювиальные ландшафты занимают плоские водораздельные поверхности, характеризующиеся глубоким залеганием грунтовых вод. Поступление вещества и энергии в данные ландшафты происходит только из атмосферы. В супераквальных ландшафтах грунтовые воды залегают на небольшой глубине. Энергия и вещество в эти ландшафты поступают не только из атмосферы, но и в процессе капиллярного поднятия влаги из грунтовых вод, в которые поступают различные вещества, вымытые из коры выветривания и почв водоразделов. В субаквальных ландшафтах условия миграции вещества в первую очередь определяется водоемом. Принос вещества и энергии в данных ландшафтах идет с жидким и твердым боковым стоком. В элювиальных ландшафтах, расположенных на верхних участках склонов, часть вещества выносятся не только с радиальной миграцией, но и с латеральными потоками-

ми. Такие ландшафты М. А. Глазовская [1964] относит к трансэлювиальным элементарным ландшафтам. На нижних участках склонов, с глубоким залеганием уровня грунтовых вод, помимо выноса материала наблюдается его частичная аккумуляция. Расположенные здесь элементарные ландшафты называются трансэлювиально-аккумулятивными. В сухой котловине или на делювиальном шлейфе поступление вещества часто преобладает над его выносом. Ландшафты, занимающие данные территории, относятся к элювиально-аккумулятивному подтипу. В субаквальных ландшафтах рек вынос вещества часто преобладает над его приносом, следовательно, их можно отнести к транс- субаквальному роду. «Парагенетическую ассоциацию сопряженных элементарных ландшафтов, связанных между собой миграцией элементов и приуроченных к одному типу мезорельефа» А. И. Перельман [1961, с. 26] называет геохимическим ландшафтом. Серию «элементарных ландшафтов, сменяющих друг друга от местного водораздела к местной депрессии рельефа и связанных латеральными миграционными потоками» М. А. Глазовская [1988, с. 20] называет ландшафтно-геохимической катеной или простейшей каскадной ландшафтно-геохимической системой (КЛГС). Ландшафтно-геохимические катены, ограниченные общим водосбором, образуют ландшафтно-геохимическую арену [Глазовская, 1988]. В зависимости от порядка водосборных бассейнов выделяют ландшафтно-геохимические микро-, мезо-, макро- и мегаарены. Так как в каскадных системах высокого порядка на долю водосборов наиболее низкого порядка (первого и второго) приходится более 75 % площади, то геохимические условия данных простейших каскадных систем и катен будут являться определяющими для установления основных особенностей ландшафтно-геохимической дифференциации территории. Практической основой для эколого-геохимической оценки ПСПС являются работы по геохимическому картографированию различных природных сред. В ходе исследований изучаются распределение химических элементов и условия их миграции в различных компонентах ландшафта: почвах, почвообразующих породах, поверхностных и грунтовых водах, растительности, донных отложениях и в снежном покрове, а также геохимические связи между ландшафтами. При геохимическом изучении ландшафтов наибольшее внимание уделяется почвам. Эколого-геохимические исследования тесно опираются на геохимические законы. Наиболее важными из них являются законы Кларка – Вернадского и В. М. Гольдшмидта. Закон Кларка – Вернадского говорит, что все элементы есть везде, и когда исследователь не может выявить наличие того или иного элемента в системе, то речь идет не об их отсутствии, а о степени чувствительности используемого вида анализа. Согласно закону В. М. Гольдшмидта Кларки элементов зависят от строения атомного ядра, а их миграция – от наружных электронов, определяющих химические свойства элементов, и от величины Кларка. Эколого-геохимическая оценка состояния природно-социально-производственных комплексов проводится поэтапно с соблюдением определенной последовательности. На пер-

вых этапах необходимо установить тенденции развития конкретных процессов и сделать их качественную оценку, а затем следует переходить к количественной оценке. Завершающей стадией исследований является составление эколого-геохимического прогноза. Ведущим методом ландшафтно-геохимических исследований является сопряженный анализ, основанный на одновременном изучении химического состава всех компонентов ландшафта и сравнении полученных результатов между собой в пределах как одного элементарного ландшафта, так и смежных с ним. Сопряженный анализ позволяет выявить характерные для элементарных ландшафтов химические элементы и проследить их миграцию как внутри ландшафта (радиальная миграция), так и от одного ландшафта к другому (латеральная миграция). Обработка аналитических данных, полученных в ходе ландшафтно-геохимических исследований, заключается в изучении вещественного состава ландшафтов и выявлении в них зон накопления и рассеяния химических элементов, образующихся в процессе их миграции. Для решения данных задач в геохимии ландшафтов используется ряд геохимических показателей. И. А. Авессаломова [1987] предлагает разделять их на две группы: 1) геохимические показатели, позволяющие установить распространение химических элементов в ландшафтах в абсолютных величинах (Кларки и местные Кларки); 2) геохимические коэффициенты, которые позволяют представить распределение в относительных единицах. Среднее содержание химического элемента в земной коре и ее самостоятельных крупных частях А. Е. Ферсман в 1923 году предложил называть "Кларком", в честь американского геохимика У. Ф. Кларка который впервые рассчитал, какой процент от массы земной коры составляет масса данного элемента. Содержание химических элементов в различных ярусах и компонентах ландшафтов, как правило, отличается от Кларка литосферы. Сопоставление абсолютных значений содержания химических элементов в двух природных телах или компонентах ландшафта позволяет делать выводы лишь о различии их вещественного состава, т. е. о большем или меньшем количестве того или иного элемента. Оценить, какие элементы интенсивнее накапливаются в изучаемом объекте по сравнению с другим объектом, по их абсолютным значениям достаточно трудно, как как можно получить неправильные выводы, поскольку их Кларки различны. Для количественной характеристики степени отличия той или иной конкретной природной системы или ее части от Кларка литосферы В. И. Вернадский [1954] предложил использовать Кларк концентрации (КК), представляющий собой отношение весового содержания данного элемента в природном объекте (C_i) к его Кларку литосферы (K): $КК = C_i / K$. Кларк концентрации позволяет судить о степени концентрации ($КК > 1$) или рассеяния ($КК < 1$) химического элемента в исследуемом объекте относительно литосферы. В том случае, когда содержание химического элемента значительно меньше Кларка, для получения целых чисел и большей кратности показателя рассчитывается величина, обратная Кларку концентрации, – Кларк рассеяния (КР). Данный гео-

химический коэффициент показывает, во сколько раз кларк химического элемента, больше его содержания в изучаемом объекте: $KP = K / C_i$. Изучением среднего содержания химических элементов в земной коре занимались многие исследователи: Ф. Кларк, Г. Вашингтон, А. П. Виноградов, С. Р. Тейлор, А. А. Беус и другие. При определении Кларков концентрации и рассеяния российские ученые наиболее часто используют Кларки литосферы, рассчитанные А. П. Виноградовым [1962].

При эколого-геохимической оценке качества окружающей среды особое внимание уделяется определению физической величины воздействия на компоненты окружающей среды и оценке значимости такого воздействия. Наиболее простым и часто применяемым методом оценки значимости является сравнение величины воздействия с существующими нормативами качества окружающей среды. Выбор показателей оценки может быть дифференцирован в зависимости от социально-экономического назначения геосистем. Нормативы качества выражаются в предельно допустимых концентрациях (ПДК) вредных веществ, которые при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияют на здоровье человека или состояние экосистемы.

Нормативы устанавливаются и утверждаются специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды, санитарно-эпидемиологического надзора и совершенствуются по мере развития науки и техники с учетом международных стандартов. Санитарно-гигиенические и экологические нормативы не указывают на источник воздействия и не регулируют его деятельность. Эти требования отражают научно-технические нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ) и сбросов (ПДС) вредных веществ, а также технологические, строительные, градостроительные нормы и правила, содержащие требования по охране окружающей природной среды. Недостатком научно-технических нормативов является то, что при их расчетах не учитываются ландшафтно-геохимические особенности и история геологического развития. Кроме этого воздушная и водная среда являются достаточно динамичными системами, и высокие концентрации загрязняющих веществ сохраняются в них непродолжительное время. Гораздо дольше большинство из них сохраняется в почвах, которые в последующем сами могут стать источниками загрязнения других природных сред. Поэтому особое внимание уделяется возможности использования ПДК для почв. Однако их широкое применение при эколого-геохимической оценке ПСПС часто невозможно по ряду объективных причин, среди которых В. А. Алексеенко [2000] выделяет следующие: ПДК стали устанавливаться только в последние десятилетия. Поэтому при их разработке не учитываются поздно сказывающиеся последствия загрязнения, а также некоторые виды загрязнения, на которые раньше не обращалось внимание; в них практически не учтены последствия совместного воздействия на человека разных химических элементов, находящихся в самых различных концентрациях; при разра-

ботке ПДК практически невозможно учесть все формы и виды, в которых находятся элементы. Кроме того, растворимость многих соединений зависит от физико-химических свойств среды; природное распределение химических элементов в различных типах горных пород характеризуется крайней неравномерностью, к которой обитающие на них живые организмы в процессе эволюции (иногда продолжающейся многие миллионы лет) «привыкли». Поэтому для такой большой страны, как Россия, установить единые ПДК для почв невозможно. Их использование без учета конкретной ландшафтно-геохимической обстановки может привести к экологическим осложнениям, вплоть до катастроф; для нормального развития живых организмов, включая человека, нужны все химические элементы, но только в определенных концентрациях и формах нахождения в различных частях биосферы. Пониженное содержание элементов также вызывает различные болезни живых организмов. Поэтому при определении нормирующих показателей должны устанавливаться максимальная и минимальная их концентрации; для большинства техногенных соединений ПДК нет и в ближайшее время их невозможно определить, так как токсичность и время ее проявления для многих из них еще неизвестны; ПДК учитывают токсичность элементов или их определенных соединений по отношению к человеку. При этом не берется во внимание их воздействие на другие организмы, а в биосфере все организмы связаны между собой. Следовательно, при эколого-геохимических исследованиях ПДК могут использоваться лишь как предварительные показатели-ориентиры преимущественно на первых этапах исследований в новых регионах. В России установлены ПДК загрязнения почвы вредными химическими веществами для пахотного слоя – концентрация вредного вещества в верхнем, пахотном слое почвы, которая не должна оказывать прямого или косвенного отрицательного влияния на соприкасающиеся с почвой среды и на здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы [Методические указания..., 1987]. Согласно п. 4.2 СНиП 10–01–94 в целях обеспечения взаимопонимания при осуществлении всех видов строительной деятельности и устранения технических барьеров в международном сотрудничестве при необходимости (например, по требованию зарубежных инвесторов) может быть выполнена дополнительная оценка загрязнения и эколого-гигиенической опасности почв в соответствии с действующими зарубежными нормативами. Отнесение химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов, отходов, к классам опасности [Методические указания..., 1987] Класс опасности Химическое вещество I Мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, селен, цинк, фтор II Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром, серебро III Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций Примечание. Изученные химические элементы выделены жирным шрифтом. По величинам значений суммарных показателей почв, снежного покрова, пылевой нагрузки и суммарного показателя нагрузки производится оценка уровней загрязнения депонирующих сред Результатом эколого-геохимических исследований

обычно является оценка совместимости или несовместимости природных и техногенных геохимических потоков, степени изменчивости и устойчивости природных систем к техногенезу. Заключительным этапом исследований является составление эколого- геохимического прогноза. Задача этого этапа заключается в предсказании развития изменения природной среды на основе изучения прошлых и современных природных и природно-антропогенных состояний. Данные исследования базируются на изучении существующих техногенных нагрузок, представлениях об устойчивости природных систем к техногенным нагрузкам и анализе их ответных реакций на эти воздействия. В первом случае применяется сопряженный анализ загрязнения почв и пыли, накопленной снегом, характеризующих разные временные интервалы техногенного воздействия. Он позволяет провести районирование изучаемой территории по динамическим особенностям ее загрязнения [Методические рекомендации..., 1990]. При совпадении очагов загрязнения почв и снежного покрова выделяют зоны устойчивого загрязнения. Участки с аномальным содержанием микроэлементов в почве и низкими концентрациями в снеге характеризуются реликтовым загрязнением. Современное (прогрессирующее) загрязнение фиксируется на территориях с высоким содержанием химических элементов в снеговой пыли и низкими их значениями в почвах. Во втором случае выделяются территориальные системы со сходной ответной реакцией на однотипные антропогенные воздействия. Такой подход отражен в представлениях М. А. Глазовской [1997] о технобиогеомах. По степени воздействия техногенеза на почвы и ландшафты Н. П. Солнцева [1982] выделяет два рода устойчивости: во-первых, их способность к сохранению нормального функционирования во время техногенного воздействия (устойчивость первого рода, зависящая от потенциального запаса буферности исходных природных почв); во-вторых, их способность к восстановлению нормального функционирования после его прекращения (устойчивость второго рода). Техногенные воздействия на почвы могут как уменьшать биологическую продуктивность и качество создаваемой продукции, так и повышать их. Поэтому важное значение имеет ответная реакция почв на химическое воздействие, которую М. А. Глазовская [1997] называет эколого-геохимической чувствительностью почв, или сенсорностью. Положительная реакция почв на техногенное воздействие свидетельствует об их эколого-геохимической устойчивости, отрицательная – об эколого-геохимической опасности. Химические элементы, поступающие в почву, могут накапливаться в ней или выноситься за пределы почвенной толщи. Аккумуляция и сохранение техногенных веществ связаны с существованием системы геохимических барьеров, в которых на небольшом расстоянии происходит резкое уменьшение интенсивности миграции химических элементов [Перельман, 1961]. Аккумуляция металлов на геохимических барьерах способствует уменьшению их доступности для биоты. Однако изменение почвенно-геохимической обстановки, обусловленное как природными, так и антропогенными причинами, может

привести к увеличению подвижности ранее накопившихся химических элементов и отрицательно сказаться на функционировании почв. Совокупность процессов, приводящих к мобилизации соединений, ранее накопившихся в твердой фазе, подвижные формы которых токсичны, М. А. Глазовская [1997] называет геохимическими стартерами. Оценка устойчивости почв проводится на основе анализа: сенсорности почв к воздействию тяжелых металлов, учитывающей кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные свойства; емкости сорбционных и хемосорбционных барьеров верхних (по мощности горизонтов и их емкости поглощения катионов) и нижних (по содержанию аморфных гидроксидов Fe+Al, обменного Na и наличию карбонатов) почвенных горизонтов; их общей емкости; эколого- геохимической опасности (по соотношению сенсорности почв и емкости верхних почвенно- геохимических барьеров); техногенной аккумуляции (по соотношению суммарной емкости почвенно- геохимических барьеров и сенсорности почв). Выделенные при этом группы почв, обладающие сходным уровнем эколого- геохимической опасности и техногенной аккумуляцией, объединяются в педобиомы [Глазовская, 1997].

1.3 Геоэкологическое районирование

Истоки отечественного опыта природно- хозяйственного районирования территории восходят к XVIII в., когда возникла потребность в систематизации материалов о различиях в природе, хозяйстве и населении регионов России, и совершенствовании территориального управления страной. Основы разработки этого важнейшего направления были заложены в работах В. Н. Татищева, К. И. Арсеньева, П. Крюкова, Н. П. Огарева и др. Дифференциация географической науки в XX в. дала толчок развитию методологий и методик физикогеографического, экономико- географического и отраслевого географического районирования. основополагающие вопросы выделения физико- географических комплексов решались в работах Д. Л. Арманда, Л. С. Берга, Н. А. Гвоздецкого, А. Г. Исаченко, Ф. Н. Милькова, В. А. Николаева, А. Е. Феединой и др. Крупнейшей работой этого направления является коллективная монография географов Московского университета «Физико- географическое районирование СССР» [1968]. Физико- географическое районирование направлено на комплексное (ландшафтное) изучение физико- географических стран, зон, секторов, провинций, областей, районов. Во второй половине XX в. происходит логическое обоснование принципов экономико- географического районирования, разрабатываются иерархическая структура таксономических единиц и методы экономико- географического районирования. Значительный вклад в разработку процедур экономико- географического районирования внесли Н. Т. Агафонов, Н. Н. Баранский, Н. Н. Колосовский, Ю. Г. Саушкин и др. Важность этого направления определяется динамичным развитием освоенческих процессов, изменяющих роль отдельных территорий в разделении труда. Основными объектами исследова-

ния являются система экономических районов и их ядра – территориальные производственные комплексы. Существование динамичных взаимосвязей в системе «природа – население – хозяйство» сопровождаются развитием спектра экологических проблем. Среди первых работ, направленных на оптимизацию функционирования ПСПС, нужно выделить коллективную монографию географов Московского университета «Рациональное природопользование и охрана природы в СССР» [1989]. При решении целевой задачи этого специального районирования авторский коллектив исходил из таких положений, как всеобщность природоохранных мероприятий, комплексность подхода к вопросам рационального природопользования и охраны природы с учетом региональной специфики, природнохозяйственной адаптации, обеспечивающей наилучшее функционирование региональных природно-антропогенных геосистем и заблаговременность проведения природоохранных мероприятий.

Очевидно, что пространственный образ ПСПС определяется тремя группами факторов: природными, социально-экономическими и геоэкологическими. В первую группу в качестве основных факторов входят: природные условия и ресурсы, особенности морфологии ландшафтов и устойчивость геоконплексов; во вторую – положение территории относительно трасс освоения, спектр преобладающих типов освоения и степень насыщенности территории различными типами геотехнических систем; в третью – характер и интенсивность развития деструктивных геоэкологических процессов: экзогенных геолого-геоморфологических процессов, техногенного загрязнения природных комплексов, истощения природных ресурсов, ухудшения здоровья населения и т. д. Формирование специфических черт геоэкологических условий и процессов происходит вследствие хозяйственного освоения качественно различных типов ландшафтов. Территории интенсивного хозяйственного освоения характеризуются повышенной плотностью населения, значительной долей городского населения, развитой сетью геотехнических систем (селитебных, транспортных, гидротехнических и прочих). При этом, как правило, отмечается развитие широкого спектра геоэкологических проблем, связанных в основном с загрязнением окружающей среды, истощением ресурсов питьевой воды, активизацией инженерно-геологических процессов, уменьшением биологического разнообразия и ухудшением качества жизни населения. Важнейшей задачей геоэкологического исследования является иерархическое структурирование ПСПС. В качестве основных объектов геоэкологических исследований на локальном уровне должны выступать отдельные геотехнические системы или их элементы: строения, населенные пункты, промышленные предприятия, водохранилища, мелиоративные комплексы и другие. При этом устанавливаются особенности антропогенной трансформации морфологических единиц ландшафтов – фаций, урочищ, местностей. Информация о состоянии геоконплексов является основой для разработки конкретных рекомендаций по сохранению ландшафтного равновесия и принятия

управленческих решений по природопользованию. Кроме того, в ходе комплексного геоэкологического анализа отдельных геотехнических систем часто возникают задачи исследования их совокупности в пределах конкретного региона, выделения конфликтных зон взаимодействия разных типов геотехнических систем, оценки остроты проявления геоэкологических ситуаций, разработки мероприятий по оптимизации хозяйственного освоения территорий и схемы перспективного планирования хозяйственной деятельности. Кроме того, полученные в ходе исследования исходные данные используются при разработке экспертных оценок состояния геокомплексов на региональном уровне. На региональном уровне геоэкологические исследования направлены в основном на анализ взаимодействия геотехнических систем, выделение проблемных геоэкологических ситуаций значительных территорий для координации деятельности по оптимизации природопользования в крупных природных, административно-территориальных регионах (республиках, областях, краях) или производственных комплексах. На региональном уровне геоэкологических исследований разрабатываются стратегические варианты хозяйственного освоения региона и выделяются участки, требующие детального изучения. Геоэкологическое исследование глобальных (межрегиональных) процессов хозяйственного освоения ландшафтов предполагает соотнесение локальных и региональных проблем с национальным, континентальным, зональным и мировым «фоном», изучение и картографирование трансграничных переносов продуктов техногенеза, оценку крупных проблем охраны окружающей среды и формирование перспективных программ охраны окружающей среды крупных регионов. Важной задачей геоэкологических исследований является определение ведущего районообразующего фактора. В большинстве случаев в качестве такового выступают особенности природной дифференциации, но в районах активного хозяйственного освоения ландшафтов и значительной их трансформации для выделения районов существенны тип производственной специализации, степень развитости и режим функционирования геотехнических систем. В соответствии с изложенным геоэкологическое районирующее территории выполняется в такой последовательности: ландшафтное картографирование территории и разработка отраслевых и комплексных схем физико-географического районирующего; выявление закономерностей природной дифференциации территории; выделение специфических черт хозяйственного освоения ландшафтов, формирующих особенности культурного ландшафта; выделение геоэкологических зон интенсивного и экстенсивного хозяйственного освоения ландшафтов; оценка структуры выделенных зон и составление характеристик геоэкологических районов; выработка рекомендаций по оптимизации хозяйственного освоения ландшафтов. Данная схема выделения геоэкологических районов исходит из ведущей роли природной основы в районообразовании. Но возможны и обратные процедуры – объединение сходных типов геокомплексов в один тип геоэкологического района в связи с особенностями развития

территориально-промышленных комплексов и экологических ситуаций. Геоэкологический район, выделенный на основе ландшафтного анализа территории и изучения опыта ее хозяйственного освоения, представляет закономерное сочетание природных комплексов, хозяйственное использование которых создало характерные пространственные сочетания земель с различной степенью экологического равновесия для воспроизводства важнейших природных ресурсов и развитием определенного спектра экологических проблем. Выделение систем геоэкологических районов позволяет определить и обосновать приоритетные проблемы региона (республики, края, области). В зависимости от специфики и сложности геоэкологической ситуации вырабатывается программа хозяйственного освоения ландшафтов с учетом организационных, правовых, экономических, технических и иных аспектов. Она должна иметь комплексный характер и базироваться на особенностях жизненной среды (природной и искусственной), интересах общества. Геоэкологическое состояние ПСПС является временной категорией. Адекватная их оценка позволяет выработать систему управленческих решений по оптимизации природопользования. Различают два основных вида управления антропогенными ландшафтами: «жесткое» и «мягкое» [Николаев, 2000]. Сущность первого вида заключается во внедрении технических систем, обеспечивающих искусственную стабилизацию средо- и ресурсовосстанавливающих функций природных комплексов и предотвращение развития чрезвычайных экологических ситуаций посредством строительства очистных сооружений, дамб, каналов и других устройств; реализация этого направления требует колоссальных затрат на приобретение, установку эффективной средозащитной техники и ее эксплуатацию. «Мягкое» управление предполагает создание экологически сбалансированных ПСПС путем адаптации хозяйственной деятельности к структуре природных территориальных комплексов и проведения мелиоративных мероприятий. Синтез геоэкологического и культурологического подходов позволяет трактовать культурный ландшафт как многоуровневое образование, формирующееся в процессе хозяйственного освоения геокомплексов, включающее разнокачественные природные, производственные и социальные подсистемы и особенности материальной и духовной национальной культуры.

ГЛАВА 2 ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫБРОСОВ МЕТАНА В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

2.1 Характеристика метана и его содержание в атмосфере

Развитие современной атмосферы тесно связано с геологическими и геохимическими процессами нашей планеты, а также значительное влияние на нее оказывают живые организмы и деятельность человека. Атмосфера, являясь воздушной оболочкой Земли, представляет собой смесь газов (рис. 1).

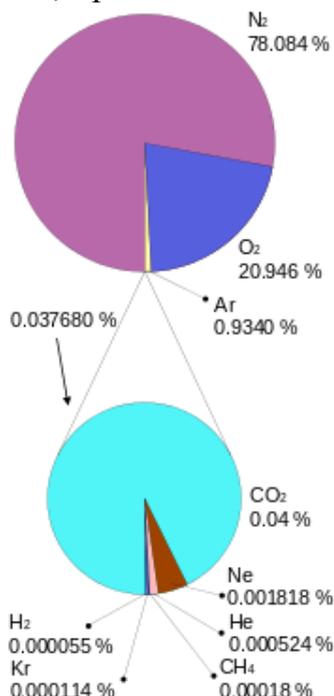


Рисунок 1 - Химический состав сухого атмосферного воздуха у земной поверхности (объемная концентрация, %)

В ее состав входят: азот (78,084 %); кислород (20,946 %); аргон (0,93 %); углекислый газ (0,04 %) и небольшое количество других газов (неон, гелий, метан, криптон, водород) [1].

Каждый из атмосферных газов выполняет различные функциональные роли, однако основное их значение состоит в том, что они поглощают лучистую энергию и тем самым оказывают влияние на температурный режим поверхности Земли. Концентрация всех газов практически постоянна, что имеет большое значение для устойчивости климата.

На сегодняшний день имеется достаточное количество общеизвестных фактов, которые свидетельствуют о глобальном изменении климата. Один из наиболее значительных факторов устойчивого повышения температуры - это перемены в земной атмосфере, а именно, изменение концентрации парниковых газов. Что в дальнейшем приводит к образованию парникового эффекта.

Парниковый эффект - это повышение температуры нижних слоев атмосферы по сравнению с температурой теплового излучения планеты, наблюдаемого из космоса [5]. Идея о разогреве земной атмосферы с помощью парникового эффекта, была высказана в конце XIX столетия известным шведским ученым С. Аррениусом и поддержана решениями международных экологических конгрессов в Рио-де-Жанейро (Бразилия) в 1992 году [6].

Парниковый эффект является прямой причиной глобального потепления и изменения частоты и интенсивности осадков. По мнению группы ученых из Международного университета имени Сахарова, являющихся сторонниками Аррениуса к 2100 году потепление может достигнуть 2,5 - 5 °С и вызвать повышение уровня океана на 0,6⁻¹ м. Это повлечет за собой ряд таких проблем, как изменение вечной мерзлоты (Рисунок 2), повышение уровня моря, пересыхание источников пресной воды, что в свою очередь в целом негативно повлияет на качество жизни и здоровье человека [7].

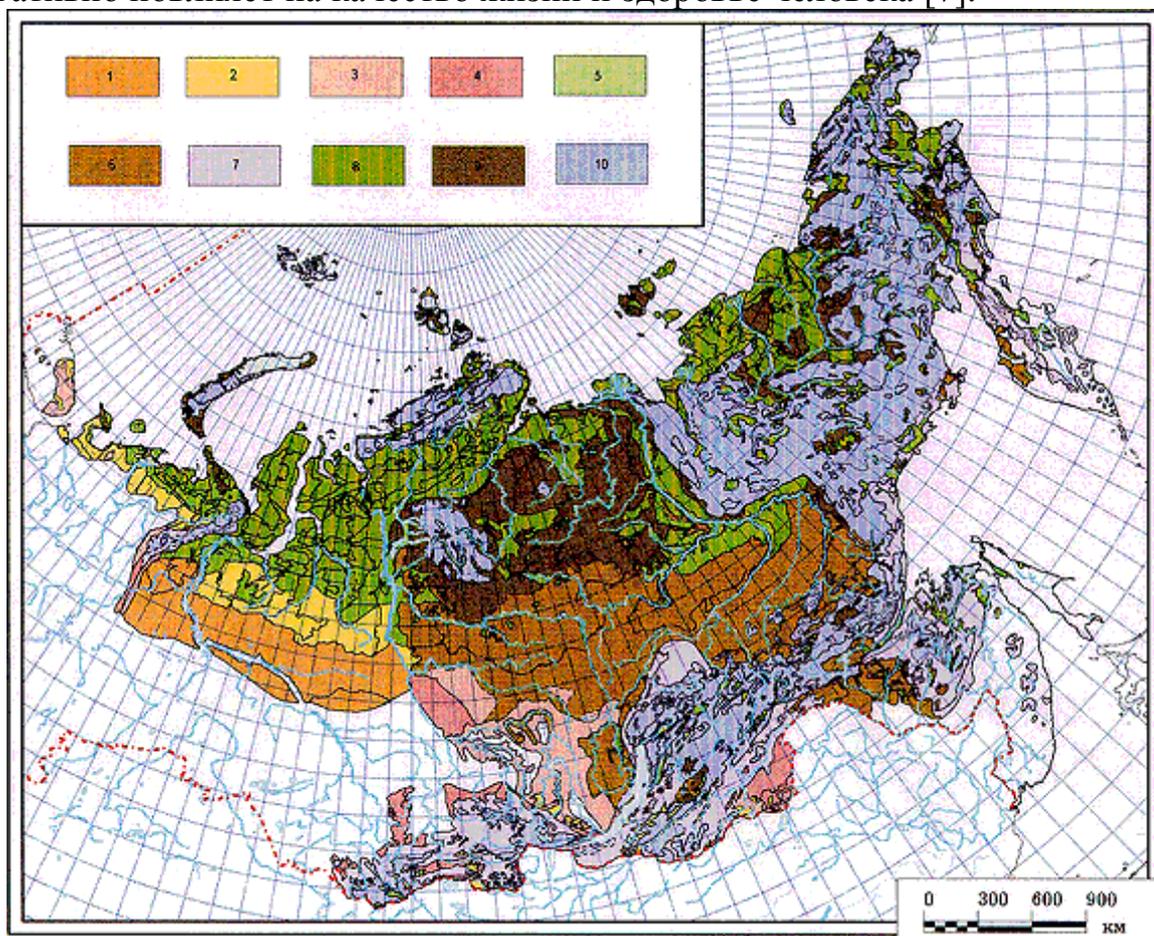


Рисунок 2 - Вероятные изменения вечной мерзлоты в России при потеплении климата к 2020 и 2050 году [7]

Повсеместное оттаивание вечной мерзлоты к 2020 году: 1 - на равнинах. Повсеместное оттаивание вечной мерзлоты к 2050 году: 2 - на равнинах; 3 - на плоскогорьях; 4 - в горах. Частичное оттаивание вечной мерзлоты к 2050 году: 5 - на равнинах; 6 - на плоскогорьях; 7 - в горах. Относительно стабильная вечная мерзлота: 8 - на равнинах; 9 - на

плоскогорьях; 10 - в горах. Границами внутри цветных контуров показаны территории с разными проявлениями мерзлотных процессов при потеплении.

Газы, которые обладают способностью задерживать длинные волны, по-иному парниковые газы, присутствовали в атмосфере всегда в небольших количествах. Этого количества хватало, чтобы поддерживать с помощью парникового эффекта тепловой баланс планеты. Не будь этого естественного парникового эффекта средняя температура поверхности Земли, была бы не 14°C , а минус 17°C .

В последние два столетия стремительное развитие цивилизации привело к увеличению концентрации парниковых газов. Присутствие их в атмосфере является причиной сосредоточения части тепла в приземных воздушных слоях. И чем выше концентрация, тем сильнее перегревается поверхность планеты. Большая часть приходится на выбросы антропогенного характера. Все источники загрязнения, созданные человеком, выбрасывают в атмосферу около 22 млрд. тонн в год [2].

Среди наиболее распространенных парниковых газов выделяют углекислый газ, метан, закись азота, тропосферный озон, водяной пар. Метан занимает второе место после углекислого газа по эффективности поглощения теплового излучения. По значимости его воздействия на парниковый эффект одна тонна молекулы CH_4 за столетие оказывает влияние эквивалентное 20 тоннам CO_2 . Также метан оказывает отрицательное воздействие на состояние озонового слоя и содействует увеличению химической активности других токсичных газов. Контроль над его эмиссией регулируется международным Киотским протоколом, который обязывает стран-участников ограничить выбросы парниковых газов [3].

Метан – простейший углеводород, является наиболее устойчивым за счет отсутствия углеродной связи. Представляет собой бесцветный газ, без запаха, который горит синеватым пламенем, легче воздуха и малорастворим в воде. Сам по себе не токсичен, но накапливаясь в закрытом помещении, метан взрывоопасен. В основном находится в приземном слое атмосферы. Молекула метана имеет тетраэдрическое строение [4].

По происхождению метан бывает биогенный, возникающий в результате химической трансформации органического вещества и абиогенный – в результате химических реакций неорганических соединений (чаще на больших глубинах). Попадая в атмосферу, молекулы метана вовлекаются в процессы переноса и вступают в химические реакции. Метан относится к 4 классу опасности [10]. Поэтому его включают в список вредных газообразных веществ, загрязняющих атмосферу (код 0410) и ведут учет и отчетность по его выбросам [9].

Давая характеристику метану необходимо упомянуть о его физических свойствах (Таблица 1).

Таблица 1 - Физические свойства метана

Параметр	Размерность	Значение
Молекулярная масса	г/моль	16,04
Критическая температура	°С	-82.25
Критическое давление	атм	45.8 (по другим данным 46)
Соотношение октанол/вода		log Kow= 1.09
Растворимость в воде (низкая)	г в 100 мл	0,005563 при 0 °С 0,003308 при 20 °С 0,00170 при 100 °С
В этиловом спирте при 20°С	мл/г	0,6
Растворяется в бензоле, метаноле, толуоле, малорастворим в ацетоне		
В эфирах при 20°С	Мл/г	0,91
Относительная плотность пара (воздух = 1)		0,554
Давление паров, при -82,5°С	кПа	46700
Теплота сгорания	кДж/моль	-890.8
Теплота испарения	кДж/моль	8.19
Температура кипения	°С	-162
Температура плавления	°С	-183
Температура воспламенения	°С	650 — 7500
Скорость взрывной волны	м/с	500 — 600
Взрывоопасность:		
-горит голубым пламенем	%	до 5 и после 15
-взрывоопасен при концентрации в воздухе		от 5 до 15
-наиболее взрывоопасная концентрация	%	9,5

Из группы парафиновых углеводородов метан наиболее инертное соединение и сильное токсическое действие проявляется при повышении давления (2 - 3 атм).

Заполняя пространство, метан вытесняет из воздуха кислород, что вызывает у человека резкую головную боль и признаки удушья. Чтобы этого эффекта не было в воздухе должно содержаться не менее 18 % кислорода.

При всех своих характеристиках метан очень важный представитель органических веществ в атмосфере. Благодаря своей химической и термической устойчивости он нашел применение во многих сферах нашей жизни. Во-первых, главным его предназначением считается использование в качестве топлива: бытового, промышленного (для получения водорода, ацетилена, технического углерода и фреонов) и автомобильного. В отношении последнего есть особенность - плотность метана в тысячу раз меньше плотности бензина, поэтому заправляют его только в сжатом виде (до 200 - 250 атмосфер). Для хранения газа в таком состоянии используют специальные бал-

лоны. Во-вторых, широко используется для производства метанола и формальдегида (при каталитическом окислении), а, следовательно, полимеров и дезинфицирующих материалов. И, в-третьих, обладая безвредностью для человеческого организма, часто применяется современной медицине в качестве снотворного (возможны некоторые примеси) и растворителя [11].

Использование метана в качестве топлива обусловлено большими резервами природного газа в России и относительно дешевой его добычей. А также выделяют ряд других преимуществ: газ не смывает со стенок цилиндров масляную пленку, что увеличивает срок службы масла; снижение загрязняющих газов при выхлопе; в случае утечки газ улетучивается, что более безопасно разлитого бензина; метан менее взрывоопасен, что позволяет использовать его в двухтопливных системах (бензин-газ, дизель-газ); сравнении с бензином является более экологичным видом топлива (Рисунок 3) [12].

При сравнении бензина с природным газом метаном видно, что последний на 25 % меньше выделяет углекислого газа; на 90 - 97 % меньше выхлопов угарного газа; на 36 - 65 % уменьшение выбросов оксидов азота и почти полное отсутствие выброса твердых частиц.

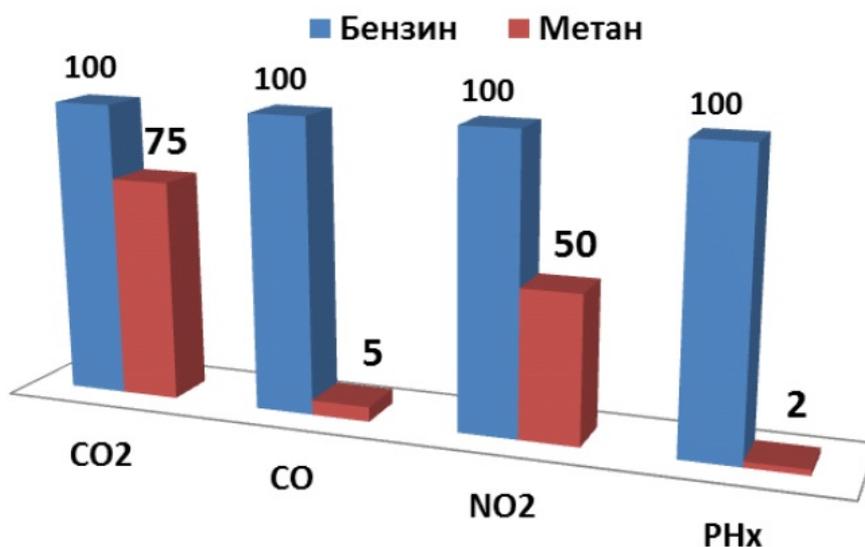


Рисунок 3 - Параметры экологичности метана по сравнению с бензином

Доступность, относительная экологичность и другие преимущества природного газа метана позволили увеличить показатель его использования в качестве автомобильного топлива. Но не стоит забывать о том, что метан является сильнейшим из парниковых газов и степень его влияния велика. Можно сказать, что на протяжении 20 лет 1 кг метана будет оказывать воздействие на глобальное потепление как 56 кг углекислого газа. И поэтому возможные утечки при масштабном использовании усугубят уже имеющиеся экологические проблемы [13].

Метан – простейший углеводород, является одним из важнейших парниковых газов. Он не имеет цвета и запаха, малорастворим в воде и легче воздуха. Занимает второе место, после углекислого газа, по интенсивности поглощения теплового излучения Земли в инфракрасной области спектра по длине волны 7,66 мкм. Присутствие этого газа в атмосфере в разы усиливает парниковый эффект. Его вклад составляет примерно 20 % от вклада других парниковых газов. Но при этом молекула CH_4 в десятки раз эффективнее поглощает инфракрасное излучение [14].

Повышение концентрации метана приводит к нарушению теплового баланса и, как следствие, к глобальному потеплению. С начала индустриальной эпохи содержание метана в атмосфере увеличилось примерно в 2,5 раза [16]. Очевидно, что при сохранении такой тенденции уже в недалеком будущем воздействие метана на окружающую среду только усилится. Поэтому возникает необходимость управлять химическими и физическими процессами, в которых принимает участие метан. А также понимать природу его источников оценивать их мощность с достаточной степенью достоверности.

Присутствие его в атмосфере открыл Мигеотти в 1947 г. На тот момент его концентрация составляла примерно 1400 ppb (часть на миллиард). Вся атмосфера содержит $1,8 \cdot 10^{20}$ молей. Концентрация метана не зависит от высоты в пределах тропосферы (0 - 11 км), что свидетельствует о достаточно большом времени его жизни 8 - 12 лет. Продолжительность нахождения метана в атмосфере можно оценить из различного содержания CH_4 в северном и южном полушариях. Принято считать, что в южном полушарии находятся источники метана с меньшей мощностью [14, 16].

В атмосферу этот газ попадает из множества источников, география которых обширна. Все их принято делить на две большие группы: естественные и антропогенные (Рисунок 4) [22].

К последним относят потоки, попадающие при сжигании бытовых отходов, очистке сточных вод, разведении крупнорогатого скота, при добыче и транспортировке ископаемого топлива. Естественные источники оказывают меньшее влияние, но количество выбросов от них необходимо учитывать. К ним относятся выделения, продуцируемые высшими животными (в первую очередь, крупный рогатый скот), а так же потоки с заболоченных территорий и водоемов. По некоторым оценкам одна корова выделяет 250 л CH_4 в сутки [15].

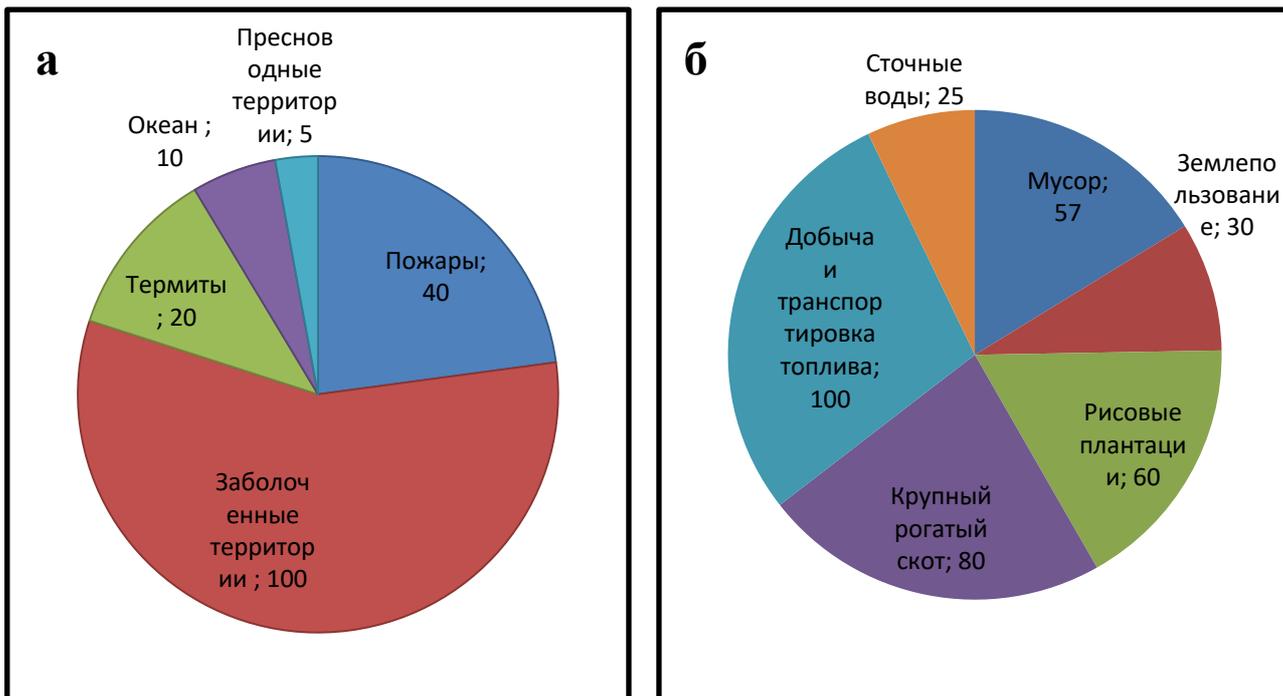


Рисунок 4 - Мировая эмиссия метана (Мт/год) от естественных (а) и антропогенных (б) источников [22]

Определение суммарного количества метана, который поступает в атмосферу от каждого из источников, несомненно, важная, но в то же время трудно решаемая задача. Наиболее интенсивный поток метана с заболоченных территорий, он оценивается экспериментами в 110 Мт/год с разбросом от 55 до 150 Мт/год (из них более половины приходится на тропики, остальная часть на северные широты и поверхность океана). Это связано с тем, что заболоченные территории встречаются довольно часто, и в каждой местности присущи свой климатический режим и своя растительность, поэтому потоки CH_4 с разных территорий будут заметно отличаться [22].

Мощность антропогенных источников в настоящее время существенно превышает мощность естественных. Из них в атмосферу попадает от 259 до 537 Мт/год. Примерно 2/3 глобальной эмиссии обусловлено деятельностью человека. Работа нефте- и газодобывающих предприятий во всем мире увеличивает эмиссию метана на 100 Мт/год (из них 47 Мт/год при добыче, а 37 и 16 Мт/год соответственно - утечка из скважин и при транспортировке газа и нефти). На долю природного газа приходится 77 – 99 % [17].

Согласно прогнозам, к 2020 году глобальные выбросы от нефтяной и газовой промышленности возрастут, почти на 57 % и ежегодно будут увеличиваться на 5 % (Рисунок 5) [16].

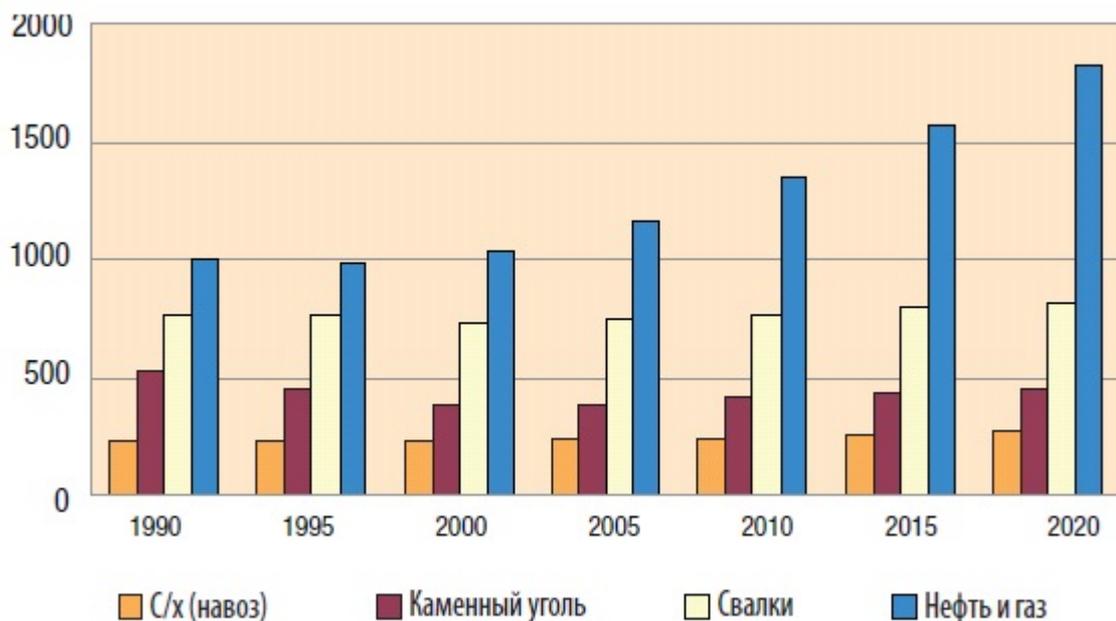


Рисунок 5 - Глобальные выбросы метана по отраслям и секторам

Такое изменение концентрации метана окажет резкое влияние на химические процессы в атмосфере и в дальнейшем будет только ухудшать экологическую ситуацию на Земле. Распределение антропогенных выбросов по странам очень неравномерно (Рисунок 6).

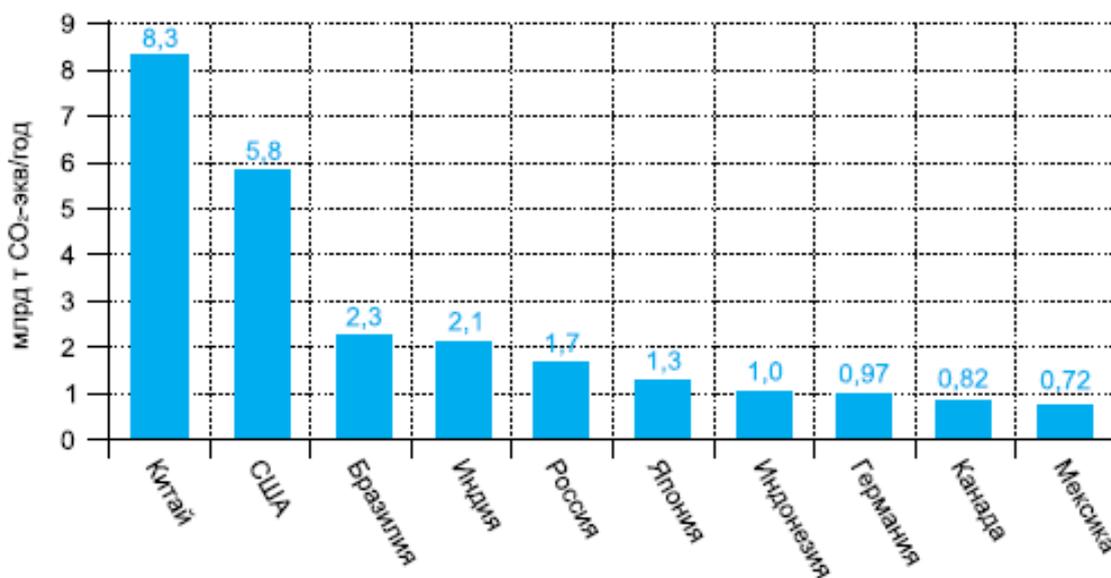


Рисунок 6 - Десять стран с крупнейшими антропогенными выбросами парниковых газов в атмосферу (учитывая и поглощение, и эмиссию CO₂ в лесном хозяйстве). Ориентировочная оценка по состоянию на конец 2000-х годов [18]

На конец 2000-х годов картина была следующая. Далек впереди Китай, за которым следуют США, затем Бразилия (там очень велики выбросы

из-за вырубки лесов), Индия и Россия (где, наоборот, леса поглощают немало CO₂) и Япония. В целом 10 крупнейших стран дают примерно половину общемировых выбросов парниковых газов, обусловленных деятельностью человека.

Ежегодное увеличение объектов промышленности, добыча природного газа, его переработка и транспортировка способствует еще большему загрязнению атмосферного воздуха, чаще всего выбросами метана. И к 2010 году картина выглядела следующим образом (Таблица 2) [23].

Таблица 2 - Выбросы метана по странам за 2010 год (CO₂-экв.)

Страна	Выбросы метана, тыс. т.
Китай	1642257,6 (самый высокий показатель с 1990 года)
Индия	621479,7 (самый высокий показатель с 1990 года)
Россия	533546,0
США	524688,1
Бразилия	443288,9
Индонезия	218929,1
Пакистан	155236,3
Австралия	122548,9
Мексика	115858,0
Иран	115333,9

Сравнивая данные по выбросам метана на конец 2000-х годов и данные таблицы 2 видно, что доля от Российской Федерации значительно возросла. И тем самым в рейтинге стран Россия занимает 3 место.

Для наглядного примера представим картосхему, которая отображает выбросы метана по различным странам мира (Рисунок 7).

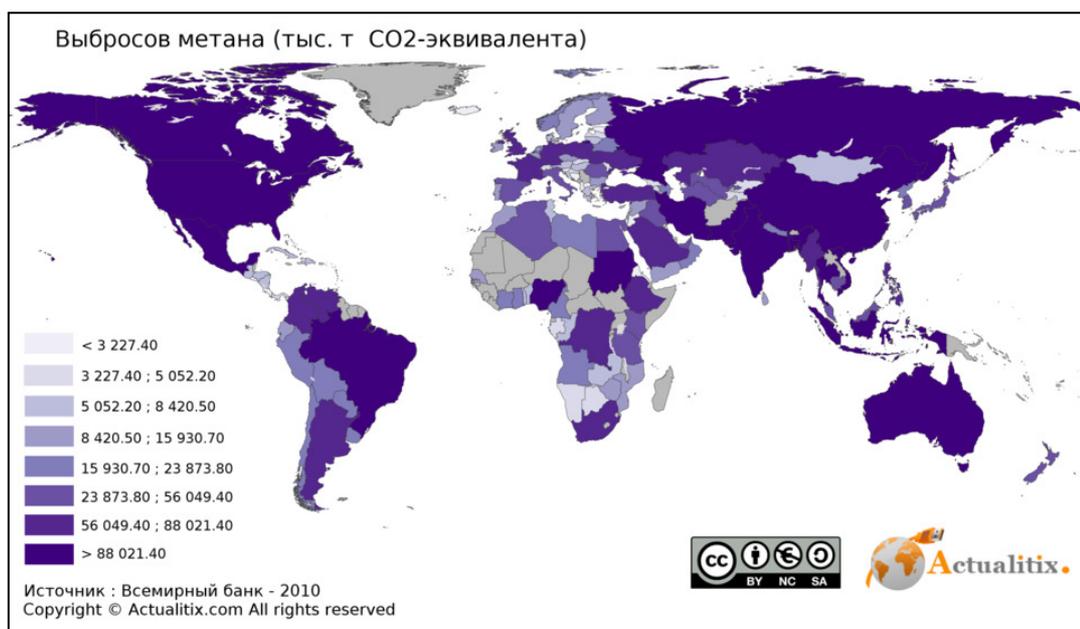


Рисунок 7 - Глобальные выбросы метана (тыс. т. CO₂-экв.) по данным 2010 года [23]

Россия входит в десятку стран по выбросам парниковых газов в атмосферу. В основном Российский вклад складывается из потоков метана с поверхности переувлажненных территорий (включая болота, открытые водоемы, тундру и т.д.) и его утечек, сопутствующих добыче ископаемого топлива и метана, при утилизации мусора.

Россия на сегодняшний день находится на первом месте по запасам газа. Газовая отрасль играет стратегическую роль в экономике. Динамично развиваясь, обеспечивает добычу, транспортировку, хранение и распределение природного газа, переработку попутного газа нефтяных месторождений. На каждом из этих этапов возникают проблемы, связанные с негативным влиянием на природную среду. А загрязнение атмосферного воздуха парниковыми газами является типичной проблемой газовой промышленности.

Согласно Отчету о выбросах парниковых газов за 2011 году, выбросы парниковых газов в России выросли по сравнению с 2010 годом на 103 563,47 тыс. тонн CO₂-экв. (4,47 %). В 2009 году в результате спада промышленного производства, вызванного экономическим кризисом, произошел обвальный спад выбросов на 5,18 %. А в 2011 году выбросы парниковых газов превысили уровень 2008 г. на 83 414,19 тыс. тонн CO₂-экв. (3,73 %) [19, 20].

Таблица 3 - Выбросы парниковых газов в России в 2008 - 2011 годах, млн. т CO₂-экв. (без учета земле- и лесопользования)

Выбросы парниковых газов	2008	2009	2010	2011	Изменение выбросов 2011 г. по сравнению с 2008 г.
Выбросы парниковых газов - всего	2 237,4	2 121,4	2 217,3	2 320,8	+83,4
из них:					
Выбросы CO ₂ - всего	1 609,3	1 526,4	1 598,2	1 684,4	+75,1
Выбросы метана - всего	492, 9	464,7	491,1	506,6	+13,7
из них:					
- от сжигания топлива	3,4	3,2	3,4	3,6	+0,2
- от промышленных процессов	0,7	0,6	0,7	0,7	+0
- в сельском хозяйстве	45,8	45,7	44,2	43,7	-2,2
- от обращения с отходами	70,3	74,1	73,6	76,6	+6,3
- утечки при добыче, хранении и транспортировке топлива, вкл. факельное сжигание природного и попутного нефтяного газа	372,7	341,2	369,2	382,1	+9,4

Продолжение таблицы 3

Выбросы парниковых газов	2008	2009	2010	2011	Изменение выбросов 2011 г. по сравнению с 2008 г.
Выбросы закиси азота - всего	116,2	116,8	113,8	117,6	+1,4
Выбросы перфторуглеродов	3,7	2,5	2,7	2,5	-1,2
Выбросы гидрофторуглеродов	14,4	10,1	10,9	9,1	-5,3
Выбросы гексафторида серы	0,8	0,8	0,7	0,5	-0,3

Для дальнейшего удобства данные о выбросах парниковых газов (делая акцент на выбросах метана) будем представлять в млн.т. CO₂-эквивалент.

Естественно, роль каждого из парниковых газов, неодинакова. Анализируя данные таблицы 3 нетрудно заметить, что наибольшая часть прироста выбросов приходится на углекислый газ, а выбросы метана занимают второе место. На первый взгляд может показаться, что метан не нуждается в особом внимании, но это далеко не так. Молекула CH₄ в 23 раза эффективнее углекислого газа удерживает тепло в атмосфере Земли. И учитывая тот факт, что концентрация метана в атмосфере в индустриальную эпоху росла гораздо быстрее концентрации CO₂, а также не исключая сохраняющуюся тенденцию, уже в недалеком будущем вклад метана в усиление парникового эффекта будет еще более весомым [20, 21].

Таблица 4 - Динамика выбросов метана в России (тыс. т CO₂-экв) [23]

Год	Объем выбросов, тыс. т
1990	624476,8
2000	465548,5
2005	493750,9
2008	510601,5
2010	533546,0

Из таблицы 4 видно, что 1990 год - год самого высокого показателя выбросов метана, а 2000 - год самого низкого. Это также отображено на рисунке 8.

Выбросы CO₂, связанные с факельным сжиганием природного и попутного нефтяного газа, выросли в 2011 году по сравнению с 2010 годом на 2,7 млн. т и превысили уровень 2008 года на 10,6 млн. т (42,5 %). Выбросы (утечки) метана при добыче, транспортировке и хранении ископаемых топлив (включая утечки метана при факельном сжигании газа) увеличились в 2011 году относительно 2008 года в общей сложности на 447,6 тыс. т в физическом измерении, или на 9,4 млн. т CO₂-экв. (2,5 %). Всего за период с 2001

по 2011 год утечки метана выросли на 17 %, что в абсолютном исчислении дало прирост выбросов природных газов на 56 млн. т CO₂-экв (Рисунок 9).

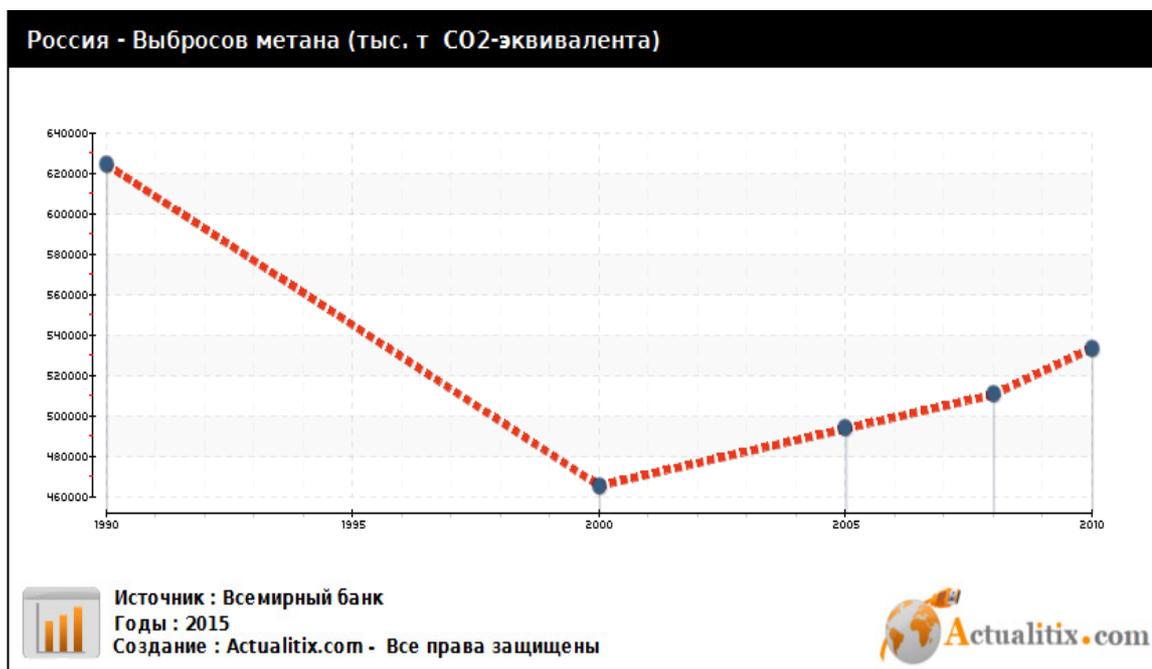


Рисунок 8 - Диаграмма динамики выбросов метана по России за период 1990-2010 годов [23]

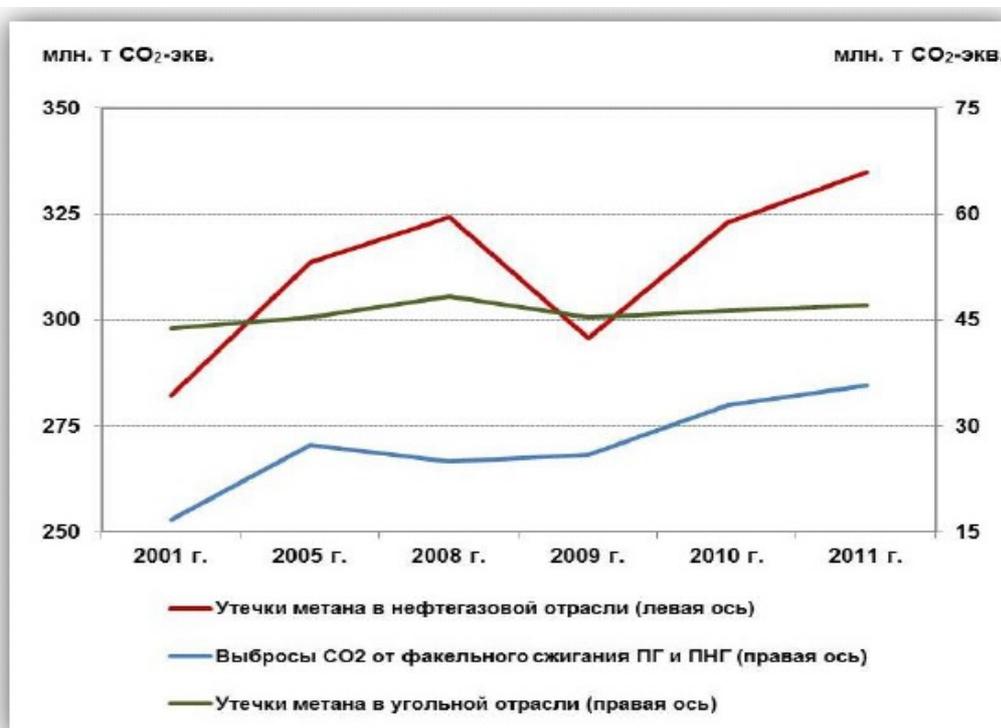


Рисунок 9 - Утечки и факельное сжигание в отраслях ТЭК в 2001-2011 гг., млн. т CO₂-экв [21]

В угольной отрасли с 2001 года утечки метана возросли на 3,2 млн. т CO₂-экв. (7 %). Это никак несравнимо с нефтегазовой отраслью, где утечки

выросли в 2011 году относительно 2008 года на 10,7 млн. т CO₂-экв. (3,3 %), а в целом за период с 2001 г. – на 52,7 млн. т CO₂-экв. (18,7 %).

2.2 Газовый комплекс как основной источник выбросов метана и антропогенного воздействия на окружающую среду

Газовая промышленность России - это крупнейший элемент экономики и мировой системы энергообеспечения. Она включает добычу, хранение, распределение и транспортировку газа. Добыча природного газа, который является самым значимым ресурсом в мире, осуществляется с давних времен.

В настоящее время в России сложилась единая система газоснабжения, которая включает около 300 разрабатываемых месторождений, разветвленную сеть газопроводов, газораспределительные станции, очистительные сооружений и подземные газохранилища [24].

Россия занимает первое место по ресурсам и добыче газа и обеспечивает около 25 % мировых поставок. Среди крупнейших газовых регионов Российской Федерации выделяют: Западную Сибирь, Дальний Восток, Урал и Поволжье, Восточная Сибирь и Якутия, Северный Кавказ.

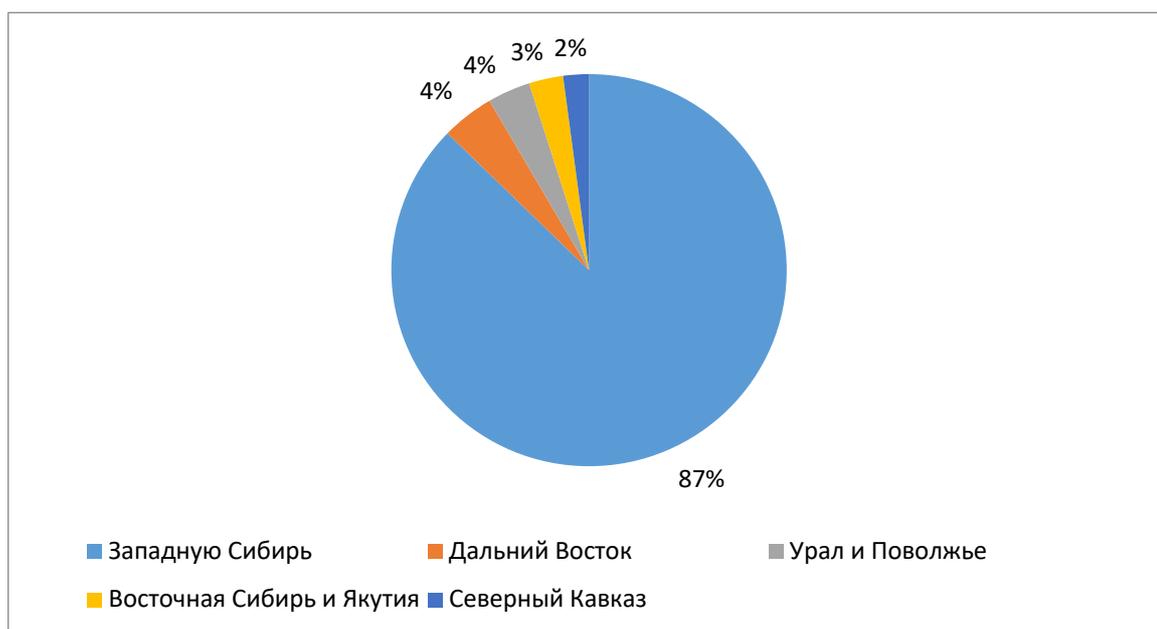


Рисунок 10 - Добыча газа по регионам в процентном соотношении [24]

В России разведаны более 800 месторождений газа из них 333 вовлечены в разработку. Но размещение их характеризуется диспропорцией в распределении между районами. Основная добыча сосредоточена, в основном, в Ямало-Ненецком автономном округе. Здесь находится 8 из 10 крупнейших месторождений по количеству извлекаемого топлива и добывается около 80 % всего природного газа страны.

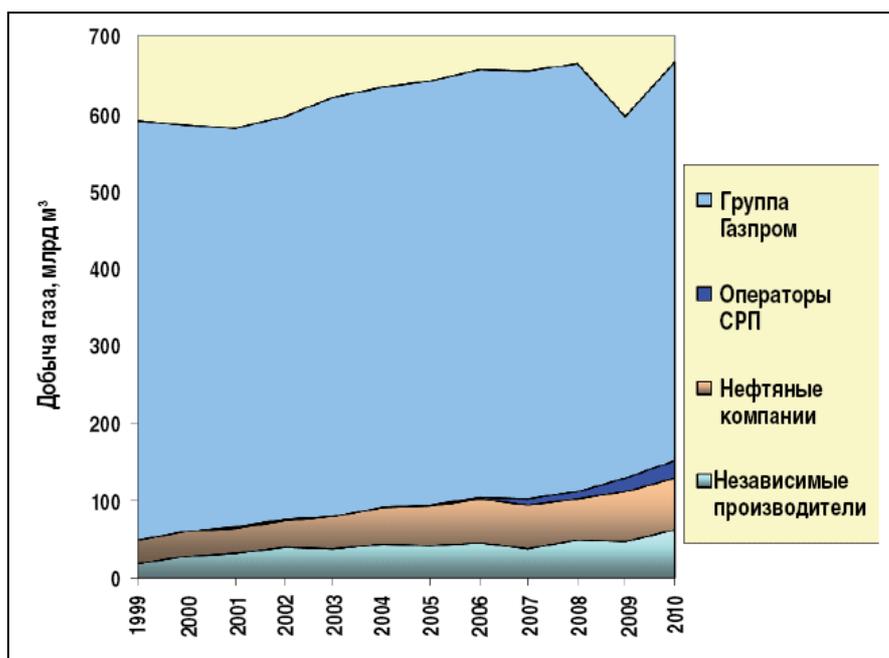


Рисунок 12 - Добыча газа в России по группам производителей в период с 1999 по 2010 год [25]

Из рисунка 12 видно, что компании, входящие в Группу «Газпром» занимают лидирующие позиции в газовом комплексе страны и являются монополистом на Российском рынке.

Таблица 5 - Данные по добыче газа в России за период 2009 - 2014 годов, млрд. м³

Год	Группа Газпром	Компании, не входящие в группу Газпром	Всего
2009	461,52	121,42	582,94
2010	508,59	142,19	650,78
2011	513,17	157,57	670,74
2012	487,02	167,41	654,43
2013	487,88	180,82	668,21
2014	443,88	198,19	642,07

Анализируя данные таблицы 5, видна тенденция снижения объемов добычи газа группой Газпром, вызванная, в первую очередь, снижением внутривосточного спроса в связи с глобальным финансово-экономическим кризисом, а так же ускоренным увеличением добычи газа независимыми производителями. Но, несмотря на такую тенденцию, ОАО «Газпром» и его дочерние общества располагают 72 % всех разведанных запасов России.

По состоянию на 2014 год на территории России Группой Газпром разрабатывалось 139 месторождений; 7 293 действующих газовых эксплуатационных скважин. Такая ресурсно-сырьевая база позволит обеспечить необходимый уровень производства за счет открытых месторождений до 2020 года [25].

Газовый комплекс включает в себя добычу, переработку, транспортировку, хранение природного газа. Каждый из этих этапов с различной силой ока-

зывает воздействие на окружающую среду, выбрасывая метан в атмосферный воздух.

Фоновое содержание метана в приземных слоях атмосферы должно составлять 0,002 мг/л, но выбросы от газового сектора повышают это содержание в 30 раз. Объем метана, выпущенный в атмосферу предприятиями Группы Газпром, в 2014 году составил 1, 400 млн. т. [2].

Таблица 6 - Динамика валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в Группе Газпром за период 2010-2014 годов [28]

Год	Выброс загрязняющего вещества, тыс. т	Углеводороды (включая метан), тыс. т
2007	2 495,7	1 534,2
2008	2 624,7	1 633,5
2009	2 581,48	1 829,61
2010	3 225,30	1 589,1
2011	3 124,20	1 491,1
2012	3 410,85	1 606,6
2013	3 076,40	1 534,0
2014	2 797,63	1 398,5

К основным загрязняющим веществам, выбрасываемым в атмосферный воздух Группой Газпром, относятся углеводороды (преимущественно метан), оксид углерода, оксиды азота и диоксиды серы.

Таблица 7 - Структура выбросов в атмосферный воздух в Группе Газпром по данным за 2014 год [28,29]

Загрязняющее вещество, тыс.т	Группа Газпром	ОАО «Газпром»	Газпром нефть	Газпром энергохолдинг	Газпром нефтехим Салават
Углеводороды (включая метан)	1 398, 48	1 340,44	57,56	0,01	0,47
Оксид углерода	546,96	382,56	125,87	36,70	2,83
Оксиды азота	313,10	158,63	13,18	131,73	9,56
Диоксиды серы	289,33	64,68	46,76	166,04	11,84
Летучие органические соединения	131,47	31,50	91,53	0,23	8,21
Твердые вещества	115,31	8,07	13,48	93,19	0,58
Прочие газообразные и жидкие вещества	4,90	1,46	0,57	1.73	1,14

Сравнив количество выбросов, приведенных в таблице 7, можно сделать вывод, что около 97 % всех выбросов приходится на ОАО «Газпром» [28].

По сегодняшним данным, вклад России в глобальные выбросы метана составляет всего 4 %, но даже при, казалось бы, столь незначительной цифре

занимает 3 место в мире. Поэтому возникает необходимость в достоверной информации и реальной оценке выбросов метана предприятиями газовой промышленности.

Негативное воздействие осуществляется на территории газовых месторождений, а также в ближайших населенных пунктах. Прямому воздействию подвергаются компоненты природных комплексов: растительность, почва, микрорельеф. Помимо прямого воздействия на природную среду выделяют опосредованное, оно происходит благодаря тесной связи компонентов природной среды. Такому воздействию подвергается гидрологический режим, снежный покров, теплообмен в приземном слое атмосферы.

Таблица 8 - Перечень основных организованных источников выбросов в атмосферу природного газа и метана при эксплуатации объектов добычи, транспортировки, хранения, распределения и переработки природного газа [30]

Источник образования	Технический процесс, приводящий к выбросу	Источник выброса
1. Добыча, хранение		
1.1. Скважина (фонтанная арматура)	Продувка: • при вводе в эксплуатацию (при выводе из эксплуатации на капитальный ремонт)	Факел горизонтальный Свеча
	• контроль и регулирование эксплуатации (исследование скважин)	Свеча
1.2. Шлейфы и межпромысловые коллекторы	• стравливание перед проведением ремонтных работ	Факел
	• продувка для удаления жидкости и мех. примесей в процессе эксплуатации	Свеча
	• продувка при ликвидации гидратных пробок	Свеча
1.3. Технологические аппараты УППГ, УКПГ, ДКС	• стравливание при остановке на ремонт	Факел
	• продувка с целью очистки	Свеча
	• вытеснение воздуха при вводе в эксплуатацию	Свеча
1.4. Адсорберы (абсорберы)	• стравливание из адсорбера (абсорбера)	Факел
	• при регенерации или замене сорбента	Свеча
1.5. Установка стабилизации конденсата	• сброс при разгазировании нестабильного конденсата	Факел
1.6. Сброс пластовой воды	• сброс газов выветривания	Факел
	• унос растворенного в воде газа в канализацию	Свеча
1.7. Установка регенерации метанола	• сброс газов выветривания при дегазации метанола	Факел Свеча
1.8. Контрольно-измерительные приборы и автоматика	• продувка КИП и А	Свеча
1.9. Вентиляционные системы производственных помещений	• вентиляционные выбросы	Вент, труба (дефлектор)

Источник образования	Технический процесс, приводящий к выбросу	Источник выброса
1.10. Камера сгорания газоперекачивающих агрегатов дожимных компрессорных станций	• компримирование газа (сжигание топливного газа)	Выхлопная труба ГПА
1.11. Топка котлоагрегатов	• производство тепловой энергии (сжигание топливного газа)	Дымовая труба
1.12. Топки подогревателей различного назначения	• подогрев реагентов и теплоносителей (сжигание топливного газа)	Дымовая труба
1.13. Газоперекачивающие аппараты дожимных КС	• стравливание при пуске ГПА	Свеча контура ГПА
	• стравливание при останове ГПА • стравливание из систем уплотнений "маслогаз"	Свеча маслобака
1.14. ГПА (контур нагнетателя и технологических коммуникаций между кранами № 1 и № 2)	• стравливание природного газа из контура нагнетателя и коммуникаций при останове	Свеча
2. Транспортировка, хранение Компрессорные станции		
2.1. Газоперекачивающие аппараты магистральных КС, ПХГ	• стравливание при пуске ГПА	Свеча контура ГПА
	• стравливание при останове ГПА	
	• стравливание из систем уплотнений "маслогаз"	Свеча маслобака
2.2. Газоочистное оборудование (установки очистки, осушки технологического, топливного, пускового, импульсного газа)	• продувка аппаратов очистки при эксплуатации	Свеча
	• стравливание при отключении в ремонт	Свеча
	• дегазация конденсата, масла и воды	Свеча
2.3. Технологические аппараты и коммуникации компрессорного цеха, компрессорной станции	• стравливание при отключении на ремонт	Свеча
	• стравливание при пуске (останове) КЦ, КС	
2.4. Камеры сгорания ГПА	• сжигание топливного газа	Выхлопная труба
2.5. Тепловые агрегаты, котлоагрегаты	• сжигание газа для отопления помещений газового хозяйства, сжигание газа для отопления газорегуляторных пунктов	Дымовая труба
2.6. Дизельные электростанции собственных нужд, аварийные электростанции	• сжигание газа для отопления помещений газового хозяйства, сжигание газа для отопления газорегуляторных пунктов	Выхлопная труба
2.7. Топки огневых подогревателей газа	• сжигание газа для подогрева газа	Дымовая труба

Источник образования	Технический процесс, приводящий к выбросу	Источник выброса
Линейная часть магистральных газопроводов		
2.8. Дрип, конденсатосборник	<ul style="list-style-type: none"> • продувка дрипа емкости конденсатосборника 	Свеча
	<ul style="list-style-type: none"> • стравливание при дегазации конденсата 	Свеча
2.9. Узел запуска (приема) очистного устройства	<ul style="list-style-type: none"> • стравливание из камеры запуска (приема) газоочистного поршня 	Свеча
2.10. Очищаемый участок газопровода	<ul style="list-style-type: none"> • стравливание из очищаемого участка газопровода 	Свеча
2.11. Участок газопровода при ремонте и реконструкции	<ul style="list-style-type: none"> • стравливание из участка газопровода 	Свеча
2.12. Участок газопровода при проведении внутритрубной диагностики	<ul style="list-style-type: none"> • стравливание из диагностируемого участка газопровода (при пропуске диагностирующего оборудования) 	Свеча
2.13. Запорная арматура	<ul style="list-style-type: none"> • стравливание газа из пневмоприводов кранов 	Свеча
2.14. Участки газопровода, аппараты и коммуникации при врезке отводов и перемычек	<ul style="list-style-type: none"> • стравливание из ремонтируемого участка газопровода 	Свеча
	<ul style="list-style-type: none"> • продувка отремонтированного газопровода 	Свеча
2.15. Метанольницы, одоризационные устройства	<ul style="list-style-type: none"> • стравливание при заправке метанольниц, емкостей 	Свеча
2.16. Газоочистное оборудование	<ul style="list-style-type: none"> • продувка сепараторов в общий коллектор • дегазация конденсата и воды 	Свеча
2.17. Газоизмерительная станция, линия замера газа (диафрагма)	<ul style="list-style-type: none"> • стравливание из участка газопровода с диафрагмой 	Свеча
	<ul style="list-style-type: none"> • продувка участка газопровода с диафрагмой 	Свеча
2.18. Пневморегуляторы	<ul style="list-style-type: none"> • стравливание при работе пневморегуляторов 	Свеча
3. Распределение (Газораспределительные сети)		
3.1. Тепловые агрегаты, котлоагрегаты	<ul style="list-style-type: none"> • сжигание газа для отопления помещений газового хозяйства, сжигание газа для отопления газорегуляторных пунктов 	Дымовая труба
3.2. Высокотемпературные печи	<ul style="list-style-type: none"> • сжигание газа в высокотемпературных производственных процессах (плавильные, кузнечные, закалочные и т.д.) 	Дымовая труба
	<ul style="list-style-type: none"> • нагрев труб при изготовлении фасонных изделий 	Дымовая труба
3.3. Подогреватели	<ul style="list-style-type: none"> • сжигание газа для приготовления битумной мастики 	Дымовая труба

Источник образования	Технический процесс, приводящий к выбросу	Источник выброса
3.4. Факельные горелки	• сжигание газа при отогреве мерзлого грунта при аварийных работах	Дымовая труба
3.5. Оборудование ГРП	• продувка газом при проведении профилактических и ремонтных работ	Свеча
3.6. Запорно-предохранительная арматура	• сброс газа в атмосферу при повышении давления в сети сверх допустимого	Сбросные клапаны (свечи)
3.7. Распределительные газопроводы	• продувки при вводе в эксплуатацию	Свеча
	• сброс газа из газопроводов при врезках в действующие газопроводы и ремонтах	Свеча
3.8. Внутридомовое газовое оборудование	• регулировка и настройка при пусконаладке	Свеча

Таблица 9 - Оценка выбросов метана в газовой отрасли при сжигании попутного газа по состоянию на 2004 год [27]

	Потребление и утечки газа, млрд. м ³	Выбросы, млн. т. CO ₂ -экв.
Утечки магистральных газопроводов и компрессорных станций	6,2	93
Утечки газораспределительных сетей	5,3	80

Помимо основных организованных источников, перечисленных в таблице 8, выбросы в атмосферу происходят и от неорганизованных. Именно они составляют большую часть от всей эмиссии метана. Чаще всего неорганизованные утечки происходят по причине разгерметизации оборудования в эксплуатационных условиях, а также при аварийном повреждении оборудования [30].

Наибольший объем выбросов приходится на сектор транспортировки природного газа, порядка 60 % от всего объема. Основные причины возникновения утечек метана связаны с техническим состоянием и износом оборудования. А именно в ходе эксплуатации, обслуживании и ремонта газопроводов и компрессорных станций, а также в результате аварий.

Ведущую роль в газовом секторе страны занимают компании, входящие в Группу «Газпром», а именно ОАО «Газпром». Поэтому большая часть выбросов, загрязняющих окружающую среду, поступает от них. Исходя из данных ежегодных отчетов, можно сделать вывод, что основные выбросы приходится на магистральный транспорт газа [31].

Таблица 10 - Динамика валовых выбросов в атмосферный воздух в ОАО «Газпром» по видам основной деятельности за период 2010-2014 годов, тыс. т/год [31, 33, 34]

Год	Добыча газа и газового конденсата	Подземное хранение газа	Переработка природного газа	Магистральный транспорт газа
2010	202,87	45,0	201,08	1 857,52
2011	144,21	41,15	201,96	1 770,43
2012	146,36	39,18	203,92	1 736,87
2013	145,29	28,36	179,55	1 791,33
2014	137,65	22,66	174,12	1 492,61

Среди крупнейших газотранспортных подразделений, входящих в состав ОАО «Газпром» выделяют ООО «Газпром трансгаз Москва» (далее - Общество), расположенное по адресу город Москва, поселение Сосенское, поселок Газопровод д.101, к.1. Оно было основано в 1946 году и по сей день является неотъемлемой частью единой системы газоснабжения России. Общество обеспечивает бесперебойные поставки природного газа потребителям 14 субъектов европейской части России (а именно: город Москва, города Подмосковья, Белгородской, Брянской, Владимирской, Воронежской, Калужской, Курской, Липецкой, Московской, Орловской, Рязанской, Тамбовской, Тверской и Тульской областей), а также поставку газа в страны ближнего зарубежья [32].

Главным и основным видом деятельности Общества является транспортировка природного газа по магистральным и распределительным газопроводам, включая связанные с ней различные вспомогательные процессы (такие как эксплуатация, ремонт и строительство линейной части, объектов и сооружений газотранспортной сети; работа по реконструкции оборудования и другие).

В структуру Общества входит 24 газотранспортных филиала, 23 компрессорные станции, 723 газораспределительные станции, 7 сервисных филиалов и другие подразделения. Ежегодно Общество транспортирует около 200 млрд. м³ газа, более 40 % которого приходится на поставки российским потребителям. Такая масштабность деятельности определяет высокую степень ответственности перед потребителями и населением, проживающим в зоне влияния производственных объектов [31]. Среди загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, особое место занимают выбросы метана (Рисунок 14).



Рисунок 13 - Регион деятельности ООО «Газпром трансгаз Москва»

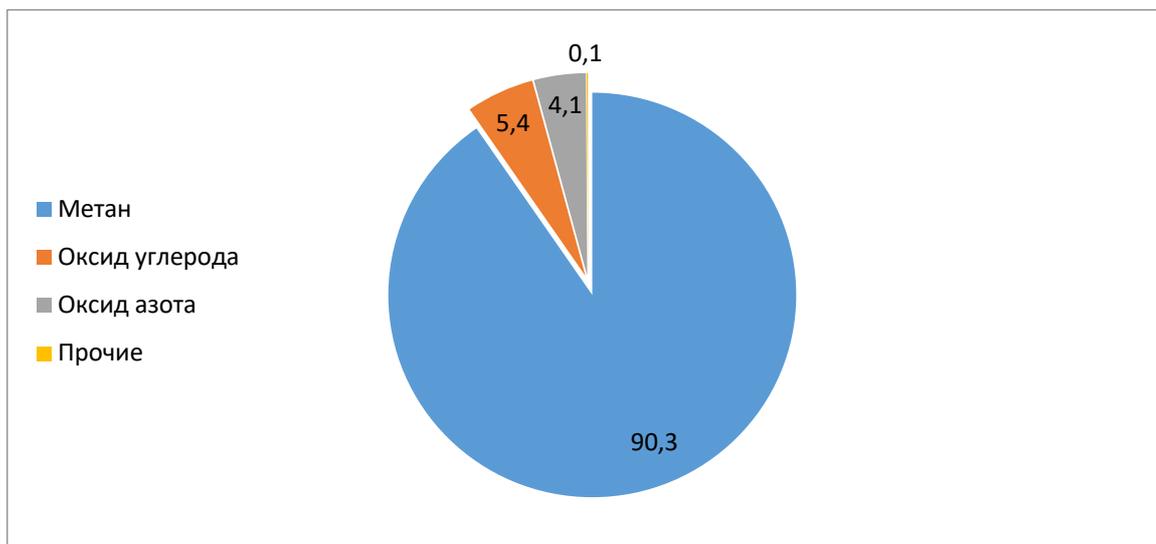


Рисунок 14 - Компонентная структура выбросов загрязняющего вещества в атмосферу от всех структурных подразделений Общества по данным 2012 года в % соотношении [31]

Поскольку в структуре всех выбросов Общества метан составляет более 90 %, возникает необходимость в постоянном учете и регулировании выбросов. Ежегодно ООО «Газпром трансгаз Москва» предоставляет отчеты о природоохранной деятельности, изучив которые можно проследить динамику выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (Таблица 11).

В 2012 году в результате установления новых границ Москвы, некоторые участки магистральных газопроводов, газопроводы-отводы протяженностью более 250 км, а также 12 газораспределительных станций (далее ГРС) оказались включены в территорию мегаполиса. С точки зрения действующего законодательства данная ситуация уникальна, так как размещение подобных объектов разрешено только за пределами населенных пунктов [34].

Таблица 11 - Сравнительная динамика выбросов от всех структурных подразделений ООО «Газпром трансгаз Москва» в атмосферный воздух за период 2009-2013 годов [33, 34]

Год	Валовый выброс всех загрязняющих веществ, тыс. т	Метан тыс. т
2009	164,7	151,6
2010	151,4	129,9
2011	138,8	113,2
2012	132,2	119,4
2013	126,6	114,8

Это еще раз показывает потребность в регулировании выбросов загрязняющих веществ. ООО «Газпром трансгаз Москва» в своем составе также имеет 17 линейных производственных управлений магистральных газопроводов.

Ведущая роль среди них принадлежит Московскому линейному производственному управлению магистральных газопроводов (далее - МЛПУМГ), именно с него в 40-х годах началась газификация нашей страны. Сегодня основным видом деятельности МЛПУМГ является снабжение природным газом столицы и населенных пунктов Подмосковья [35].

В составе МЛПУМГ насчитывается около 75 ГРС и контрольно-распределительных пунктов (далее - КРП) и более 1200 км магистральных газопроводов. Среди основных структурных подразделений выделяют 3 основные площадки, на которых расположены производственные и вспомогательные участки МЛПУМГ и 10 площадок, на которых расположены ГРС и КРП (Таблица 11) [36].

Таблица 12 - Описание основных структурных подразделений МПЛУМГ [36]

Структурное подразделение	Местоположение	Производственный участок на территории	Санитарно-защитная зона (СЗЗ)*
Промплощадка №1	п. Газопровод граничит со всех сторон с землями совхоза «Коммунарка»	котельная; варочно-слесарный цех; гараж; АЗС; автомойка; открытая стоянка	100 м
Промплощадка №2	поселок Коммунарка, Ленинский район	котельная; локальные очистные сооружения ливневых стоков закрытого типа, канализационная станция	50 м
Промплощадка №3 (Производственная база АВП)		Теплые и холодные боксы для хранения строительной техники, автотранспорта, запаса труб; гостевые автостоянки; сварочный цех; мастерские	100 м
Остальные площадки			
КРП-10	п. Ватутинки	Типовое регулирующее оборудование подачи газа потребителю	50 м
ГРС «Ватутинки»			
ГРС «Ракитки»			
ГРС «Воскресенское»	п. Воскресенское		
ГРС «Красная Пахра»	п. Минзаг		
ГРС «Михайловское»	п. Михайловское		
ГРС «Вороново»	п. Вороново		
ГРС «Бунчиха»	д. Бунчиха		
ГРС «Ерино»	п. Ерино		
АГРС-3 п/л «Зорька»	д. Бараново		

*СЗЗ устанавливается согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03

2.3 Мониторинг уровня загрязнений в районе структурных подразделений Московского производственного линейного управления магистральных газопроводов

Каждое из структурных подразделений, которое входит в состав Московского линейного производственного управления магистральных газопроводов (далее - МПЛУМГ), оказывает с разной степенью влияние на окружающую среду. Согласно результатам санитарно-технологического обследования

ния, от площадок МЛПУМГ в атмосферу поступают загрязняющие вещества 28-ми наименований [37].

Таблица 13 - Список вредных веществ и их количество, выбрасываемых в целом от всех подразделений МЛПУМГ, по данным 2013 года [37]

Код вещества	Наименование вещества	Выброс вещества, т/год
0301	Диоксид азота	11,30038
0304	Оксид азота	1,83409
2704	Бензин	0,27498
0337	Оксид углерода	22,5870
0330	Диоксид серы	0,0141
0123	Оксид железа	0,01391
0101	Оксид алюминия	0,0001
0322	Серная кислота	0,000014
2732	Керосин	0,06313
0333	Сероводород	0,000212
1716	Одорант-СПМ	0,018215
0303	Амиак	0,0001
0602	Бензол	0,0063
0621	Толуол	0,0059
0616	Ксилол	0,0008
2930	Пыль абразивная	0,0052
2978	Пыль рез.вулканиз	0,0318
0328	Сажа	0,0086
0627	Этилбензол	0,00083
0143	Диоксид марганца	0,00031
0342	Фтористый водород	0,00008
0415	Углеводород C1-C5	0,1843
0416	Углеводород C6-C10	0,0682
2754	Углеводород C12-C19	0,2853
0501	Амилены	0,0068
0410	Метан	182,4930
1715	Метилмеркаптан	1,5*10 ⁻⁸
0703	Бенз(а)пирен	0,0000165
Всего		219,205467

Из таблицы 13 можно выделить несколько основных загрязнителей. На первом месте оказывается метан. В 2013 году его эмиссия достигла 182,4930 т/год, что составляет около 85 - 90 % от всех возможных выбросов. Чтобы определить какое из структурных подразделений оказывает большее воздействие на окружающую среду, охарактеризуем их с точки зрения загрязнения атмосферы.

Промплощадка №1 (Таблица 12). Основные технологические процессы на данной площадке это ремонтно-эксплуатационные работы по обслуживанию газопроводов, а также технический ремонт и мойка автотранспорта, хранение топлива и заправка. Помимо вышеперечисленных источников за-

грязнения имеется открытая стоянка автотранспорта, которая относится к неорганизованным источникам и загрязняет атмосферу оксидами углерода, диоксидами азота, сажей и другими веществами (Таблица 14).

Таблица 14 - Вредные вещества, выбрасываемые в атмосферу от Промплощадки №1 МЛПУМГ по данным 2013 года

Код вещества	Наименование вещества	Выброс вещества, т/год
0301	Диоксид азота	8,84897
0304	Оксид азота	1,43706
2704	Бензин	0,16048
0337	Оксид углерода	16,2810
0330	Диоксид серы	0,00891
0123	Оксид железа	0,0056
0322	Серная кислота	0,000014
2732	Керосин	0,048425
0333	Сероводород	0,000002
0602	Бензол	0,0063
0621	Толуол	0,0059
2930	Пыль абразивная	0,0037
2978	Пыль рез.вулканиз	0,0106
0328	Сажа	0,0066
0627	Этилбензол	0,00083
0415	Углеводород C1-C5	0,1843
0416	Углеводород C6-C10	0,0682
2754	Углеводород C12-C19	0,0007
0501	Амилены	0,0068
0703	Бенз(а)пирен	0,000015
Всего		27,08521

Среди выбросов от Промплощадки №1 нет метана, но преобладают оксид углерода и диоксид азота. На Промплощадке №2 (Таблица 12) размещается котельная, локальные очистные сооружения, от которых выделяются сероводороды. Канализационно-насосная станция загрязняет атмосферу диоксидом азота, аммиаком, метилмеркаптаном, сероводородами и метаном.

Таблица 15 - Вредные вещества, выбрасываемые в атмосферу от Промплощадки №2 МЛПУМГ, по данным 2013 года

Код вещества	Наименование вещества	Выброс вещества, т/год
0301	Диоксид азота	2,07671
0304	Оксид азота	0,3375
0337	Оксид углерода	4,5907
0303	Аммиак	0,0001
0703	Бенз(а)пирен	0,000015
0333	Сероводород	0,00021
2754	Углеводород C12-C19	0,2846
0410	Метан	0,0090
1715	Метилмеркаптан	1,5*10 ⁻⁸
Всего		7,29882

Количество загрязняющих веществ, поступающих от Промплощадки №2 значительно меньше, чем от Промплощадки №1. Но среди выбросов присутствует метан.

Промплощадка №3 (Таблица 12) является производственной базой аварийно восстановительного поезда МЛПУМГ (далее - АВП), на ней размещается строительная техника, автотранспорт и запасы труб в холодных и теплых боксах. Такое хранение не вызывает негативных последствий, в отличие от сварочного цеха, который размещен на данной территории. При производстве сварочных работ в атмосферный воздух выделяются оксиды железа, пыль, диоксиды серы и оксиды углерода. Здесь также организованы открытые стоянки автотранспорта и площадки погрузки-выгрузки, что загрязняет атмосферу диоксидами азота, оксидами углерода, керосином, бензином, сажей и другими веществами (Таблица 16).

Таблица 16 - Вредные вещества, выбрасываемые в атмосферу от Промплощадки №3 МЛПУМГ по данным 2013 года

Код вещества	Наименование вещества	Выброс вещества, т/год
0301	Диоксид азота	0,0303
0304	Оксид азота	0,00353
2704	Бензин	0,1145
0337	Оксид углерода	0,5923
0330	Диоксид серы	0,0052
0123	Оксид железа	0,0083
0101	Оксид алюминия	0,0001
2732	Керосин	0,0147
0328	Сажа	0,0020
0143	Диоксид марганца	0,00031
0342	Фтористый водород	0,00008
2930	Пыль абразивная	0,0015
2978	Пыль резины вулканизационная	0,0212
Всего		0,79403

По воздействию на атмосферу наибольшее влияние оказывают выбросы загрязняющих веществ с промышленной площадки № 3.

Помимо производственных площадок и базы АВП в структуру МЛПУМГ входит 10 основных газораспределительных станций и пунктов. Технологические схемы на всех ГРС и КРП идентичны и включают типовое регулирующее оборудование подачи газа потребителю. Работа станций предусматривает следующие процессы:

- 1) очистка газа от механических примесей;
- 2) подогрев газа перед редуцированием;
- 3) замер расхода газа с последующим редуцированием;

4) поддержание заданного давления на выходе.

Каждый из данных процессов сопровождается выбросами загрязняющего вещества. Список веществ, поступающих в атмосферу от работы ГРС и КРП меньше, чем от производственных площадок, но количество их значительно больше (Таблица 17).

Таблица 17 - Вредные вещества, выбрасываемые в атмосферу от основных пунктов ГРС и КРП МЛПУМГ, по данным 2013 года

Код вещества	Наименование вещества	Выброс вещества, т/год
0301	Диоксид азота	0,3444
0304	Оксид азота	0,0560
0337	Оксид углерода	1,1230
0703	Бенз(а)пирен	0,0000000000000001
0410	Метан	182,484
1716	Одорант-СПМ	0,018215
Всего		184,02561

Ежегодно все структурные подразделения оказывают негативное воздействие на окружающую среду большим количеством выбросов загрязняющих веществ, а именно метана. Практически весь объем его выбросов приходится на газораспределительные станции.

Чаще всего газораспределительные станции и пункты относят к организованным источникам, то есть выбросы в атмосферу поступают от них через специальные сооружения - газоходы, воздухопроводы и трубы. Но в ходе работы ГРС и КРП из-за нарушения герметичности оборудования, отсутствия вентиляционных систем и ряда других причин происходят выбросы в атмосферу в виде ненаправленных потоков.

Такие источники принято называть неорганизованными. К ним относятся:

- утечки в уплотнениях и соединениях технологических аппаратов и агрегатов, трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры (ЗРА), расположенных на открытых площадках установок;
- выбросы при продувке пробоотборных устройств и отборе пробы, сбросы постоянно отбираемой пробы в атмосферу;
- выбросы при продувке средств контроля и автоматики и технологических аппаратов;
- выбросы при стабилизации давления в емкостях товарно-сырьевых парков и выполнении слива-налива [38].

Одним из основных организованных источников выброса метана на ГРС являются свечи.

На территории, где располагаются магистральные газопроводы и компрессорные установки, принято вводить санитарные разрывы. Это такие по-

лосы отчуждения, на которые распространяется режим санитарно-защитных зон [39].

Таблица 18 - Организованные выбросы метана от основных ГРС и КРП МЛПУМГ по данным 2013 года

Производственный участок	Выброс максимально разовый, г/сек	Валовый выброс, т/год
КРП-10	135,733	10,6536
ГРС «Ватутинки»		0,966
ГРС «Ракитки»		0,96552
ГРС «Воскресенское»		3,0291
ГРС «Красная Пахра»		0,9039
ГРС «Михайловское»		0,8625
ГРС «Вороново»		0,897
ГРС «Бунчиха»		1,2765
ГРС «Ерино»		0,966
АГРС-3 п/л «Зорька»		0,966
Линейная часть		561,57

Параметры источников загрязнения атмосферы необходимо фиксировать в условиях эксплуатации технического и газоочистительного оборудования. А контроль за содержанием вредных веществ в атмосфере проводить на границе санитарно-защитной зоны в определенных контрольных точках.

2.4 Оценка экологического состояния ОС в районе газораспределительных станций (ГРС) магистральных газопроводов Московского региона.

Контрольно-распределительный пункт № 10 (далее - КРП-10) на своей территории имеет типовое регулирующее оборудование подачи газа потребителю. Независимо от назначения, пропускной способности, давления на входе и выходе, и расхода газа технологические схемы всех газораспределительных станций идентичны (Рисунок 19). Природный газ из магистрального газопровода поступает на КРП, где последовательно проходит каждый узел.

Первый узел, куда поступает газ - это узел переключения. Он предназначен для переключения потока газа высокого давления с автоматического на ручное регулирование давления по обводной линии. Это необходимая мера, чтобы не допустить повышения давления в линии подачи газа потребителю. Этот узел оснащен предохранительными клапанами на входном и входном газопроводах, обводной линией и свечой для аварийного сброса газа. Данный узел должен располагаться на открытой площадке, на расстоянии не менее 10 м от зданий и иметь автоматическое или дистанционное управление [45].

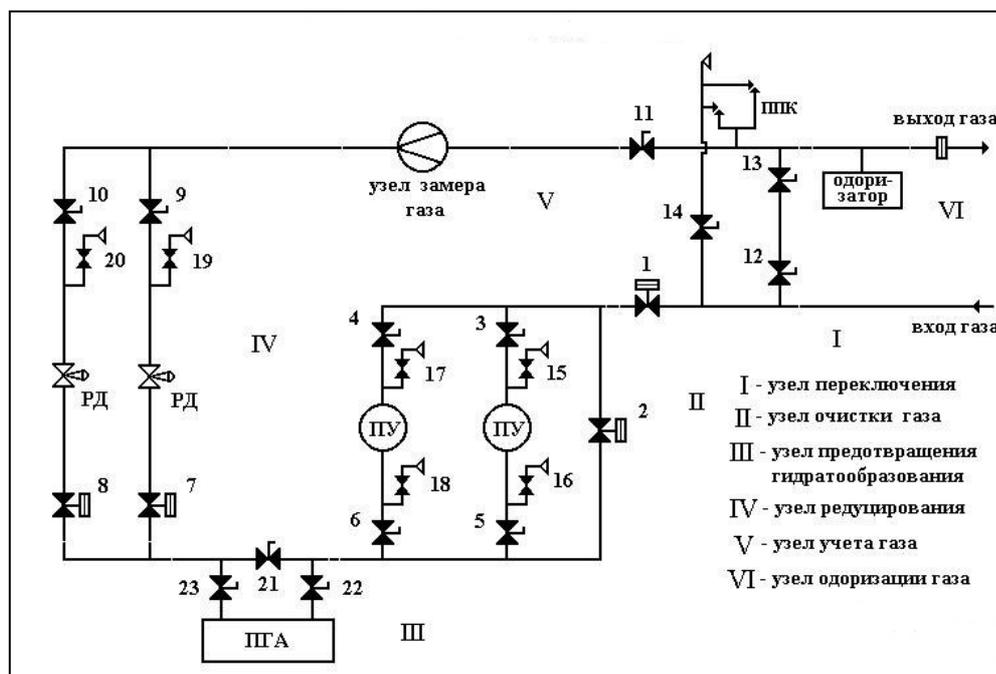


Рисунок 15 - Технологическая схема КРП-10 с обозначением основных узлов [44]

Далее поток газа переходит в узел очистки. Здесь происходит удаление механических примесей и капельной влаги из магистрального газа. Для того, чтобы предотвратить их попадание в технологическое и газорегулятивное оборудование. В состав узла очистки входят различные пыле- и влагоулавливающие устройства, в количестве не менее двух. Чаще всего применяются фильтры-сепараторы ФГС-СН. Также этот узел должен быть оснащен устройствами удаления конденсата и дренажа в сборные резервуары. Именно на этом этапе происходит наибольший выброс метана в атмосферу.

После очистки газ направляется в узел предотвращения гидратообразования, иными словами это узел подогрева газа. Это необходимо для того, чтобы предотвратить обмерзание арматуры и обеспечить температуру газа на выходе из КРП не менее плюс 5 °С. Узел очистки состоит из двух блоков: блок котельной и блок теплообменных аппаратов. Оборудование этих блоков размещается в боксе, герметично разделенном на два отсека соответственно.

Подвергнувшись нагреву, природный газ направляется в узел редуцирования. Он предназначен для снижения давления газа и его автоматического поддержания. В состав узла редуцирования входит как минимум две редуцирующие линии, которые оснащены автоматической защитой от отклонения от рабочих параметров. Также редуцирующие линии должны быть оборудованы сбросными свечами [46].

Следующий этап - узел учета газа, где с помощью измерительной диафрагмы и различных счетчиков обеспечивается измерение расхода газа, коррекция значения расхода по температуре, давлению и коэффициенту сжимаемости, анализ качества газа и регистрация данных. Данные устройства

должны устанавливаться исключительно после узла очистки и в отапливаемых помещениях при температуре окружающей среды не ниже плюс 5 °С [45].

После учета необходимо провести одоризацию природного газа, то есть добавление в природный газ вещества с резким специфическим запахом (одоранта) для обнаружения утечек газа без специального оборудования в процессе эксплуатации домовых газовых установок. Для этого существует специальный узел одоризации, который устанавливается на выходе станции после обводной линии. На КРП-10 в качестве одоранта применяется этилмеркаптан не менее 16 г на 1000 м³. Он хранится в специальной емкости и подается автоматически. А сам процесс одоризации осуществляется закрытым способом без выпуска паров одоранта в атмосферу.

За узлом одоризации может еще следовать узел отбора газа на собственные нужды, который должен иметь отдельную обводную линию.

После прохождения каждого этапа газ снова проходит узел переключения и подается потребителю.

При эксплуатации КРП-10 происходят выбросы в атмосферу природного газа, который на 98 % состоит из метана. Величина их зависит от состава и типа установленного технологического оборудования. Все выбросы можно разделить на постоянные и залповые. К последним также относят аварийные выбросы, возникающие в случаях повреждений трубопроводов. Данные выбросы не нормируются, а их фактический учет включается в годовую отчетность по форме № 2-ТП (воздух). Для их предотвращения разрабатываются и проводятся профилактические мероприятия [47].

Помимо аварийных выбросов существуют постоянные, возникающие в ходе работы всех узлов станции, в связи с негерметичностью соединения оборудования. Согласно стандарту 2-1.19-058-2006 допускаются выбросы:

1) при продувке пылеуловителей в конденсатосборник (залповый выброс 1 раз в сутки);

2) при периодических отключениях пылеуловителей или фильтров для внутреннего осмотра, ремонта, очистки или замены сменных элементов (залповый выброс 1 раз в год);

3) при проверке работоспособности предохранительных клапанов (залповый выброс 1 раз в 10 дней зимой, 1 раз в месяц летом);

4) из блока редуцирования давления при ремонте, осмотре регуляторов давления (залповый выброс 1 раз в год);

5) при авариях, утечках из запорной арматуры или технологического оборудования при их неисправностях;

6) при ремонтных работах на обвязке и технологическом оборудовании (по мере необходимости).

При составлении проекта нормативов предельно допустимых выбросов (далее ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу была проведена инвентаризация источников выброса метана на КРП-10.

Таблица 19 - Количество выбросов метана и характеристика источников на КРП-10 по данным 2015 года [50]

Наименование источника	Время работы ч/год	Высота источника, м	Диаметр сечения устья, м	Скорость на выходе, м/сек	Объемный расход, м ³ /сек	Температура на выходе, °С	Количество метана, т/год
1. Узел очистки							
1.1. Пылеуловители (продувка)	300	2	0,1	132,5	1,04	10	52,248 (0,003 г/с)
1.2. Пылеуловители (освидетельствование)	60	5	0,15	34,4	0,62	10	8,580
2. Узел редуцирования							
2.1. Линия редуцирования и замера	33	6	0,05	21,6	0,041	10	3,0291
3. Узел переключения							
3.1. Предохранительные клапана	24	7	0,15	0,02	0,0033	10	6,6536
4. Блок запорно-регулирующей арматуры							
4.1. Арматура	78	5	0,3	1,5	0,1	10	1,2765
5. Участок-обвязка КРП-10							
5.1. Ремонт (обвязка)	15	6	0,15	1,95	0,034	10	4,5903

Все вышеперечисленные источники согласно ГОСТ 17.2.1.04-77 относятся к организованным, так как выброс в атмосферу поступает через специальные воздуховоды и трубы [52].

Технологическая схема КРП-10 предусмотрена таким образом, что имеет два узла переключения. Первый располагается в начале и в выбросах присутствует только чистый газ, то есть не содержащий одоранты. А второй находится после узла одоризации. Поэтому выбросы со второго узла переключения, помимо метана, содержат одорант – этилмеркаптан, концентрацией не менее 0,016 г на кубический м газа. В целом от работы КРП-10 в атмосферу поступает 0,018 т/год одоранта.

Высота источников выбросов, приведенных в таблице 19, не превышает 10 м, поэтому их можно отнести к низким источникам [48]. Выброс метана в атмосферу должен производиться таким образом, чтобы загрязнение в приземном слое не превышало установленных предельно-допустимых концентраций (далее – ПДК).

Согласно гигиеническим нормативам ПДК метана в воздухе рабочей зоны составляет 7000 мг/м³ [53]. А норматив ПДК метана в воздухе населен-

ных мест не предусмотрен, вместо него используется временный ориентировочно безопасный уровень воздействия (далее – ОБУВ), который равен 50 мг/м^3 [10].

Из всех перечисленных источников наибольший выброс метана происходит во время работы узла очистки, а именно при продувке пылеуловителя. Это связано с тем, что продувку необходимо осуществлять не менее 1 раза в сутки. Используя данные таблицы 19, и руководствуясь методическими указаниями по расчету, нормированию и контролю выбросов и сбросов загрязняющих веществ, мы рассчитаем максимальное значение приземной концентрации метана [10].

Важную роль в процессе рассеивания любого загрязняющего вещества играют метеорологические факторы, такие как термическая устойчивость атмосферы, скорость и направление ветра, температура атмосферного воздуха, а также наличие фоновых концентраций.

Среди организованных источников залповых выбросов природного газа в окружающую среду, наряду с ГРС и КРП, выделяют линейные части магистрального газопровода. Большое количество метана попадает в атмосферу при проведении плановых работ на трубопроводах, а особенно при аварийных ситуациях. Поэтому санитарно-защитные зоны для магистральных газопроводов устанавливаются размером в 300 м [58].

Аварийные выбросы характеризуются большими объемами и скоростями. При их поступлении очень сложно корректно и точно оценить концентрации и их соответствие санитарным нормам.

При нормальном режиме работы магистрального газопровода возможно возникновение утечек газа, которые связаны с негерметичностью арматуры и оборудования. Согласно п. 5 главы 1.6. «Методического пособия по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух» количество неорганизованных выбросов метана равно $0,00027 \text{ г/с}$ [55]. Такие утечки неизбежны, но их значение очень мало, чтобы оказать существенное воздействие на окружающую среду.

Для того чтобы предотвратить возникновение аварийных ситуаций на газопроводе предусматриваются мероприятия, связанные со стравливанием и продувкой газа через свечи. Согласно разработанной методике [56] при выбросе в атмосферу из магистрального газопровода облако метана распространяется вдоль направления ветра следующим образом (Рисунок 27).

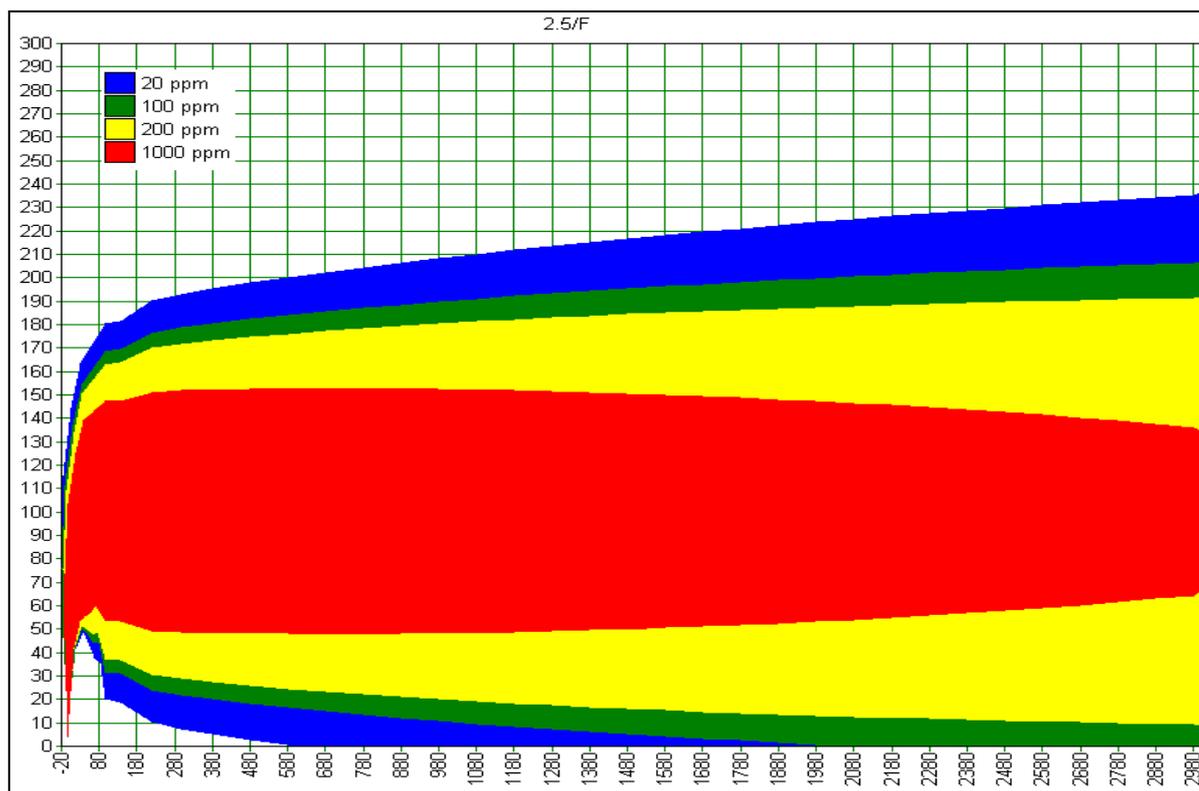


Рисунок 16 - Значение приземной концентрации метана и ее распространение вдоль направления ветра в спокойной атмосфере (класс стабильности F, скорость ветра 2,5 м/с) [56]

Из рисунка 20 видно, что концентрация, превышающая предельно допустимую, наблюдается на высоте 10 - 170 м от поверхности земли и на расстоянии до 3 км от источника выброса.

17 июля 2015 года для предотвращения аварийной ситуации осуществлялось стравливание природного газа через свечу магистрального газопровода, принадлежащего к КРП-10. В первой половине дня были проведены измерения концентраций метана в процессе стравливания. Измерения проводились на расстоянии 50 - 2500 м от источника выброса (свечи) и на высоте 1,7 м над подстилающей поверхностью, с помощью переносного прибора высокой чувствительности типа ВГИ-2 Альтаир 4Х. Данный прибор рассчитан для работы на открытом воздухе при температуре от 20 до 40 °С [57].

Количество выбросов метана, поступающих в атмосферу при стравливание газа с целью предотвращения аварийной ситуации, значительно превышает ПДВ. Поэтому во время проведения таких мероприятий необходим детальный контроль, как минимум в виде замеров концентраций метана на различных расстояниях.

До начала отбора проб воздуха в точках контроля были зафиксированы следующие метеопараметры:

- 1) атмосферное давление 745 мм рт. ст.;
- 2) температура воздуха 22 °С;
- 3) относительная влажность 58 %;

4) направление ветра – северное;

5) скорость ветра 1 м/с.

Объектом проведения замеров являлась свеча магистрального газопровода (Таблица 20).

Таблица 20 - Характеристика свечи как источника залпового выброса метана

Характеристика	Величина
Высота	3,6 м
Диаметр	300 мм
Начальное давление на участке	4,0 МПа
Длина стравливаемого участка	7 км
Диаметр трубопровода	1020 мм
Температура газа	13,5 °С
Плотность метана	0,68 кг/м ³
Фоновая концентрация метана	3,79 мг/ м ³

Замеры проводились в нескольких точках: 1 – 50 м от источника выброса, 2 – 100 м, 3 – 350 м, 4 – 530 м, 5 – 1040 м, 6 – 1170 м. Концентрация метана фиксировалась в течение всего времени стравливания (58 минут) и из всех полученных значений, для отображения на графике, выбиралось наибольшее.

Таблица 21 - Концентрации метана в точках замера

Номер точки замера и расстояние от источника	Приземная концентрация метана на высоте 1,7 м от подстилающей поверхности, мг/м ³
1 – 50 м	1392,4
2 – 100 м	861,2
3 – 350 м	243,7
4 – 530 м	79,6
5 – 1040 м	44,86
6 – 1170 м	29,3

Используя данные таблицы 23, мы построили график распределения метана в атмосфере, в зависимости от удаления от источника выброса (Рисунок 28).

Из графика видно, что значение приземной концентрации метана очень превышает предельно допустимое. И приходит в норму лишь на расстоянии 1040 м от источника. Охватывая тем самым большую площадь воздействия. А с учетом розы ветров (Таблица 21) смещается к северо-западу и оказывает влияние на жилые постройки (Рисунок 29).

Вышеуказанные измерения проводились в безветренную погоду, поэтому максимум концентрации был зафиксирован в 1 точке, на 50 м от источника. Для того, чтобы понять как зависит распространение концентрации метана от изменения одного из метеорологических показателей, представим, что скорость ветра при проведении замеров была равной 4,8 м/с, то распространение метана в атмосфере выглядело бы следующим образом (Рисунок 30).

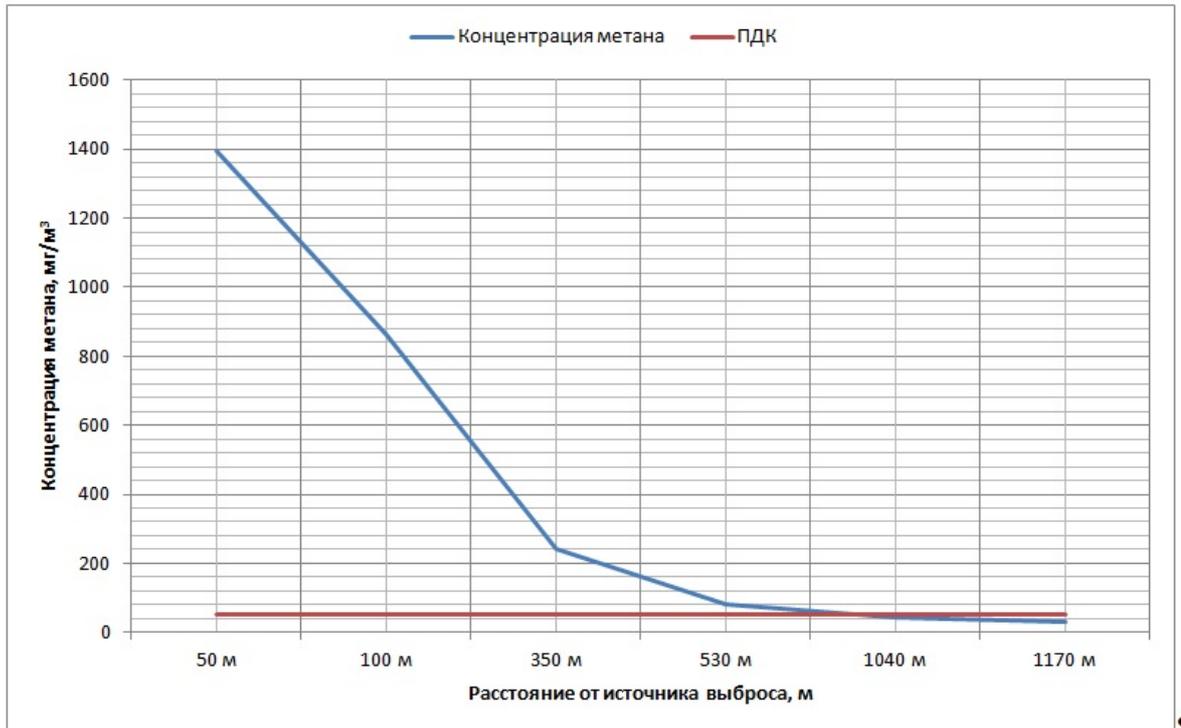


Рисунок 17 - Изменения концентрации метана во время стравливания газа из свечи магистрального газопровода при скорости ветра 1 м/с

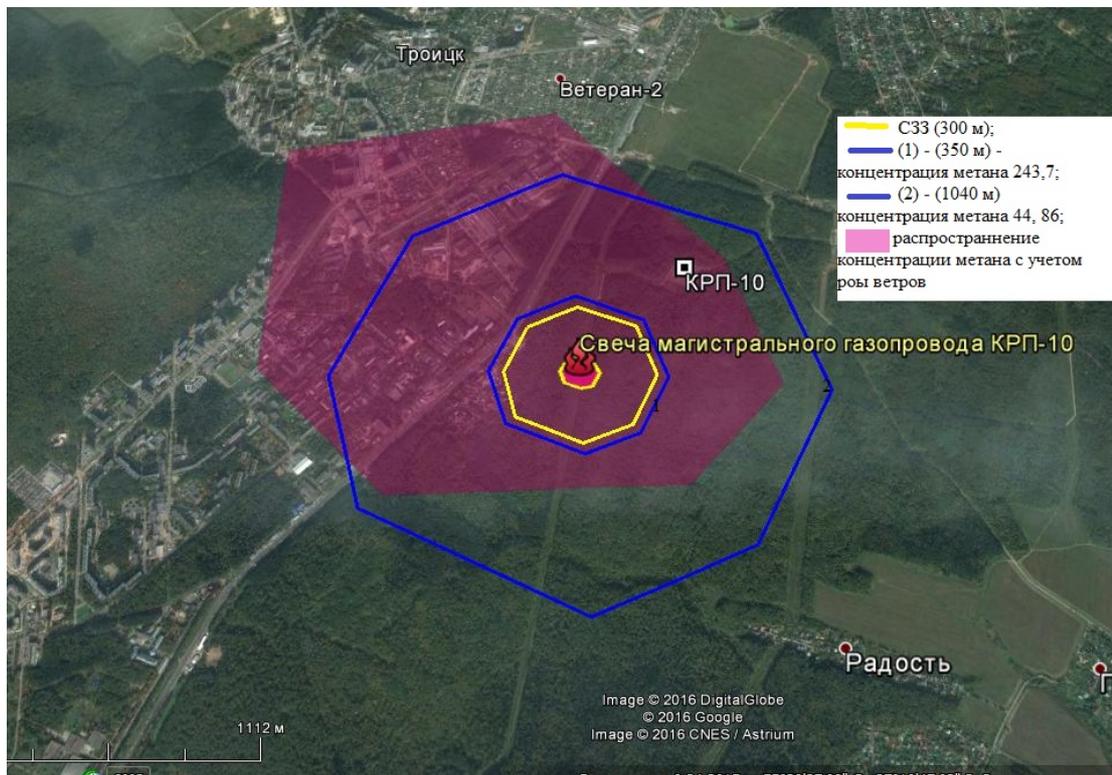


Рисунок 18 - Ареал распространения концентрации метана в зависимости от удаления от источника с учетом розы ветров и без учета

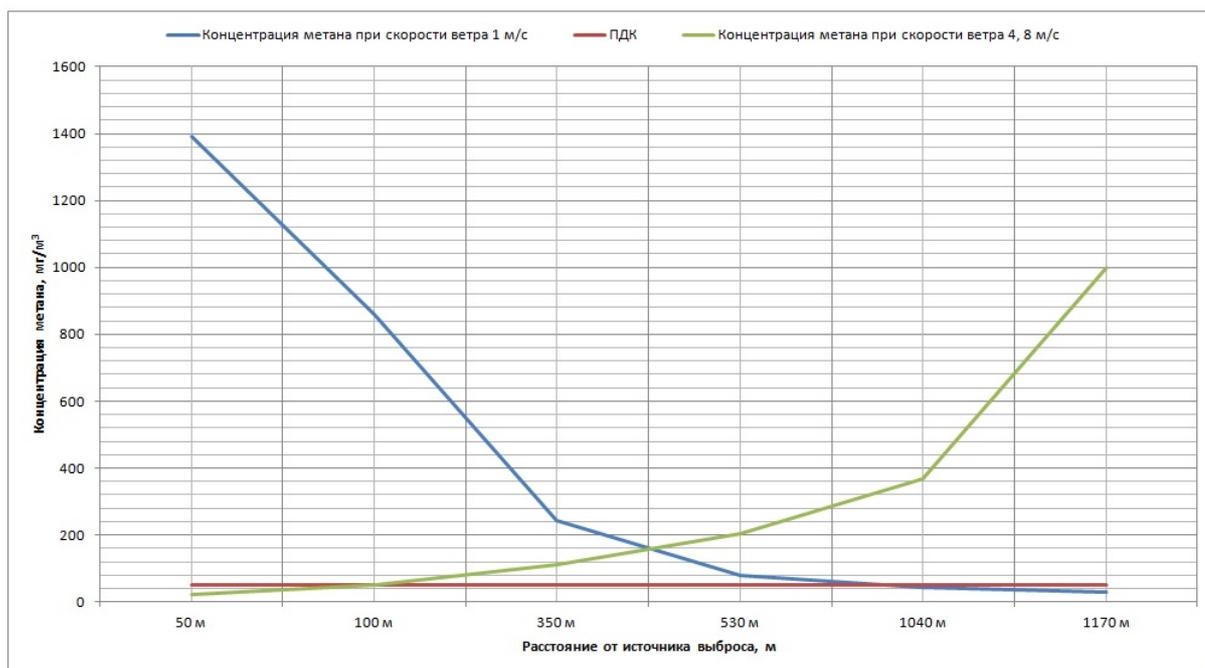


Рисунок 19 - Изменения концентрации метана в атмосфере на высоте 1,7 м от подстилающей поверхности во время стравливания газа из свечи магистрального газопровода при разных скоростях ветра

Скорость ветра, равная 4,8 м/с, является одним из показателей неблагоприятных метеорологических условий. Поэтому максимум приземной концентрации метана зафиксирован в точке 6 (1170 м), на значительном расстоянии от источника.

Результаты проведенных замеров показали, что даже при выбросе из источника с вертикальным выходом газа метан достигает поверхности земли в концентрациях значительно превышающих допустимые. По времени высокие концентрации метана сохраняются не долго, около 1 - 3 минут, это происходит за счет нестационарных режимов и высокой критической скорости рассеивания.

Аварии на газопроводах довольно редкое явление. В основном они возникают при повреждении газопровода различными машинами и механизмами, а также при коррозии сварочных швов. Они бывают двух типов: со взрывом и без взрыва. Первые наиболее опасные, так как они возникают внезапно, с нарушением почвенно-растительного покрова. Часто сопровождаются пожарами, при этом помимо метана в атмосферу попадают оксиды серы, сажа и взвешенные вещества.

Удельное количество выбросов газа при авариях может достигать 450 г/сек. Так на расстоянии 2 - 3 м от источника может возникнуть смертельная приземная концентрация метана, равная 23500 мг/м³. Поскольку такая концентрация возникает не мгновенно, есть возможность принять меры для предотвращения более серьезных последствий [56].

Метан относится к нетоксичным газам, но при концентрациях больше допустимых оказывает влияние на центральную нервную систему человека. При содержании в воздухе более 25 % метана начинаются первые признаки асфиксии: учащение пульса, увеличение объема дыхания, нарушение координации тонких мышечных движений.

Чтобы оказать существенное влияние на человека, необходима высокая концентрация метана в приземных слоях атмосферы, а для оказания влияния на растительность достаточно небольшого превышения концентраций метана. При этом происходит общее снижение продуктивности растений. У древесных растений снижается прирост, плодоношение и качество семян, ухудшаются свойства пыльцы, сокращается вегетационный период и происходит преждевременный листопад. А также обильное загрязнение выбросами метана обуславливает смещение фенофаз, особенно в осенний период, что вызывает раннее одревеснение побегов.

У растений, произрастающих в условиях высокой загрязненности атмосферы, обводненность листьев обычно на 10 – 15 % ниже, чем у растений, произрастающих в относительно чистой атмосфере.

Загрязнение атмосферы характеризуется пространственно-временной неоднородностью, которая обусловлена постоянным изменением погодных условий и ростом антропогенного воздействия на окружающую среду.

Согласно статистикам, используемым в работе, к 2020 году глобальные выбросы метана возрастут на 23 %. Большая часть выбросов приходится от антропогенных источников. Пребывание метана в атмосфере носит относительно кратковременный характер, но при этом он является газом, вызывающим сильный парниковый эффект. Поэтому сокращение концентраций CH_4 в атмосфере в ближайшее время может привести к значительным результатам. По сравнению с CO_2 сокращение выбросов метана обходится относительно недорого, поэтому в последнее время правительственные организации уделяют этому вопросу особое внимание. В газовой отрасли наблюдаются высокие тенденции для сокращения выбросов метана в атмосферу как минимум на 30 % [59].

Так как поступающие в атмосферу выбросы невозможно сразу увидеть и распознать без наличия специального оборудования, предприятия зачастую не располагают точными объемами потерь газа.

ООО «Газпром трансгаз Москва» и его филиалы, являясь газотранспортными предприятиями, отличаются большим количеством залповых выбросов различной мощности. Так как производственная деятельность предприятия ООО «Газпром трансгаз Москва» связана с выбросами метана, то согласно ФЗ № 96 «Об охране атмосферного воздуха» возникает необходимость проводить инвентаризацию всех выбросов в атмосферный воздух.

Для сокращения выбросов метана имеется ряд причин:

1) метан относится к загрязняющим веществам, подлежащим нормированию. Для этих веществ устанавливается плата;

2) метан является парниковым газом и сокращение его выбросов необходимо для поддержания стабильного глобального климата;

3) метан основной компонент природного газа, который, в свою очередь, является товарным сырьем. Поэтому за счет продажи дополнительных объемов газа, сэкономленного при использовании ресурсосберегающих технологий, можно добиться увеличения прибыли.

В соответствии с Экологической политикой ООО «Газпром трансгаз Москва» одним из обязательств в области охраны окружающей среды, является осуществление всевозможных мер в решении «парниковой» проблемы.

К основным мероприятиям по сокращению выбросов метана относятся:

- 1) внедрение системы экологического менеджмента (далее – СЭМ);
- 2) разработка и принятие Экологической политики;
- 3) оптимизация режимов работы КРП, ГРС и линейных газопроводов;
- 4) капитальный ремонт всех структурных подразделений;
- 5) внедрение высоко-экологичных камер сгорания;
- 6) регулярный осмотр запорной арматуры на всех узлах транспортировки;
- 7) контроль загазованности в пределах территории КРП и МГ с помощью автоматических сигнализаторов и другие.

Предприятие ООО «Газпром трансгаз Москва» принимает различные меры по улучшению качества окружающей среды, а именно атмосферного воздуха. Но вышеизложенный материал и расчеты свидетельствуют о тенденции ежегодного повышения количества метана в атмосфере. Большая часть которого, попадает в атмосферный воздух при транспортировке газа.

На основе полученных при расчете результатов, следует предложить ряд мер по уменьшению воздействия на окружающую среду. Во-первых, в целях снижения уровня метана в атмосфере целесообразно увеличить санитарно-защитную зону, где запрещается возводить постройки и сооружения, располагать загоны скота, устраивать свалки. Для этого следует провести комплексное обследование всех источников выделения метана на КРП-10. Данное обследование, возможно, покажет, что структурные подразделения Московского филиала ООО «Газпром трансгаз Москва» надлежит отнести к другому, более высокому, классу опасности. Основанием для увеличения санитарно-защитной зоны могут послужить ряд факторов:

- 1) наличие устаревшего технологического оборудования;
- 2) низкая эффективность пылеулавливающего оборудования;
- 3) превышение предельно допустимых концентраций метана за пределами установленной санитарно-защитной зоны.

Во-вторых, необходимо организовать постоянное экологическое обучение всего персонала. Целью такого обучения является повышение экологической культуры работников, а также предупреждение возможной угрозы, способной оказать негативное воздействие на человека и окружающую среду.

В-третьих, при необходимости не стравливать природный газ в атмосферу, а направлять во временное устройство для утилизации метана. Проводить инвентаризацию источников загрязнения как можно чаще. При этом прямым методом измерения определять величину выбросов с учетом температуры газовой смеси. В случае, если не представляется возможным прямое измерение, использовать методики расчета выбросов, учитывая производительность и физические характеристики источника. Приобщать к вышеуказанным методам лабораторные методы анализа, путем отбора проб и проведения замеров на различных расстояниях от источника выброса.

Помимо проведения локальных мероприятий, необходимы более серьезные меры, такие как внесение изменений в действующее законодательство, повышение платы за загрязнение атмосферного воздуха. А для определения более точных объемов выбросов разработать новые методики расчета.

ГЛАВА 3. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭРОЗИОННО - ОПАСНОСТНЫХ ЗЕМЕЛЬ В АГРОЛАНДШАФТАХ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ

3.1. Последствия водной эрозии почв в агроландшафтах речных бассейнов Белгородской области

Водная эрозия почв – одна из наиболее значительных современных экологических и экономических проблем мирового сельского хозяйства. Ускоренная эрозия почв, получившая название «тихого кризиса планеты» (Добровольский, 1997), представляет сегодня, по мнению ученых, наибольшую экологическую угрозу. Результаты Глобальной оценки обусловленной человеком деградации почв (*Global Assessment Human-induced Soil Degradation (GLASOD)*, 1990) показали, что в мире насчитывается более 2 млрд. га деградировавших почв, причем более их половины (55,6%) являются результатом водной эрозии (World map..., 1991). Процесс деградации почв идет с возрастающей скоростью: за последние 50 лет она увеличилась в 30 раз по сравнению со среднеисторической в период голоцена (Розанов и др., 1989). За техногенный период XX в. наблюдается экспоненциальный рост водной эрозии почв: эрозионный вынос почв реками в моря и океаны в 20-е гг. составлял $3 \cdot 10^9$ т/год, в 60-е – $9 \cdot 10^9$ т/год, 70-е – $24 \cdot 10^9$ т/год (Добровольский, Никитин, 2000). Общий сток наносов в реки мира оценивается приблизительно в пять раз больше выносимого в океаны – около 100 млрд. т (Голубев, 2006), что говорит о том, что большая часть смываемой почвы переотлагается в верхних звеньях речной сети.

Эрозионные процессы являются агентом взаимодействия почвенного покрова водосбора с его речной сетью, что отражено в концепции единства эрозионных процессов на водосборе и транспорта, накопления, переотложения наносов в руслах рек (Маккавеев, 1955). Водная эрозия почв – связующее звено всех компонентов геосистемы речного бассейна. Сходные природные и хозяйственные условия могут совершенно по-разному влиять на развитие эрозионных процессов в различных ландшафтных обстановках. При исследовании влияния интенсивности водно-эрозионных процессов на состояние почв и речной сети необходимо выбрать ландшафтную ОТЕ определенного типа и таксономического ряда, которая наиболее полно отражала бы особенности установившихся связей. Украинскими ландшафтоведами (Швебс и др., 1986) на основе различий системообразующих отношений было выделено четыре типа ландшафтных структур: генетико-морфологическая, позиционно-динамическая, парагенетическая и бассейновая. Наиболее полное представление о протекании водно-эрозионных процессов в ландшафте может дать их анализ при сочетании в качестве ОТЕ бассейновых и позиционно-динамических ландшафтных структур. В границах бассейнов могут быть выделены агроэкологически однотипные территории, а анализ позиционно-

динамической композиции территории позволит определить генетически связанные зоны проявления водно-эрозионных процессов по топографическому градиенту.

Каждый водосбор можно представить как сложную позиционно-динамическую структуру, состоящую из ландшафтных полос, которые сами по себе не являются самостоятельными системами. Позиционно-динамическая структура ландшафта отражает зависимость положения ПТК относительно ландшафтно-значимых рубежей – каскадных линий рельефа, вдоль которых изменяются интенсивность и направление вещественно-энергетических потоков (Каштанов и др., 1994). В их пределах интенсивность вещественно-энергетических процессов в целом одинакова и однотипна по динамическим показателям. Морфология позиционно-динамических структур в пределах водосбора определяет характер формирования склонового стока и интенсивность процессов водной эрозии на отдельных позициях ландшафта. Этот тип структуры ландшафта – наиболее оптимальная ОТЕ при ландшафтно-контурно-мелиоративном земледелии и проектировании противоэрозионных мероприятий (Швебс, Лисецкий, 1989).

Бассейновые ландшафтно-территориальные структуры должны выступать в роли первичной ОТЕ оценки эрозионной опасности и проектирования комплекса противоэрозионных мероприятий. За счет единства процессов гидрофункционирования бассейны являются идеальными единицами оценки суммарных эрозионных потерь почвы (Спесивый, Лисецкий, 2014). Имеется успешный опыт разработки и освоения бассейновых схем защиты почв от эрозии (Здоровцов, 1993), на основании которых были разработаны на расчетной основе проекты противоэрозионной организации территории и системы земледелия.

При бассейновом подходе к оценке эрозионной опасности важно определить иерархический уровень бассейновой ОТЕ, который связан с порядком бассейна. Установлено (Голосов, 2006), что различные таксономические уровни бассейнов по-разному отражают интенсивность водно-эрозионных процессов: для бассейнов малых рек лесостепной и степной зон Русской равнины выявлена отчетливая тенденция снижения модуля стока взвешенных наносов при росте площади бассейна. Следовательно, чем точнее мы хотим оценить интенсивность водной эрозии, тем меньший порядок бассейна мы должны использовать. В нашей работе элементарной единицей экорегиона и, следовательно, эрозионного районирования выбран водосбор 4-го порядка. Выбор данного иерархического уровня обусловлен существенными геоморфологическими различиями бассейнов по типу рельефа при их принадлежности к одному геологическому фундаменту (Купрюшин, 2011).

Вынос водными потоками почвенных частиц и их перераспределение вниз по склону (эрозионно-аккумулятивные процессы) является естественным процессом денудации ландшафтов (Маккавеев, 1955). Сток твердых наносов после прохождения через промежуточные звенья флювиальной сети

в конечном итоге достигает речного русла. Однако антропогенная деятельность, связанная с нарушением состояния поверхности почв в бассейне реки, способна значительно увеличить сток наносов. Прежде всего, это касается сельскохозяйственных земель. Известно (Голубев, 2006), что при преобразовании степного ландшафта в полевую агроэкосистему величины эрозии увеличиваются на один-два порядка, а для лесного ландшафта – на два-три порядка. На участке Ямская Степь в Белгородской области были оценены темпы водной эрозии на морфологически идентичных склонах, занятых пашней и естественной растительностью (Геннадиев и др., 2010). Результаты показали, что распашка земель привела к увеличению скорости эрозионных потерь почвы с 1 до 25 т/га в год.

При интенсивном поверхностном стоке в условиях слабой противоэрозионной эффективности растительности, которая характерна для большинства сельскохозяйственных, особенно пропашных, культур, эрозионный вынос взвешенных наносов в речное русло значительно увеличивается. В зависимости от хозяйственной освоенности бассейнов рек в лесостепной зоне модуль стока взвешенных наносов может увеличиться до 5 раз (Дедков, Мозжерин, 1984). В ходе водно-эрозионного процесса происходит селективный отбор частиц с меньшей плотностью твердой фазы, обогащенных органическим веществом (Хмелев, Танасиенко, 2013). В результате в твердом стоке наблюдается повышенное содержание ила и частиц физической глины. Избыточный вынос твердых наносов (гумусированного материала) с пашни приводит, во-первых, к деградации почвенного покрова на водосборе и снижению его плодородия, а во-вторых, к эвтрофикации (особенно сильной при сочетании с азотсодержащими агрохимикатами) и заилению водоемов, что в конечном итоге может послужить причиной их полной деградации (Голосов, 2006).

Активный поверхностный сток не дает возможности почве достичь предельной влагоемкости, вследствие чего снижаются запасы продуктивной почвенной влаги, что существенно сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур. Связи поверхностного стока с внутрипочвенным и нижележащими горизонтами грунтовых и межпластовых вод определяют генетическую связь поверхностной и подземной частей любого бассейна. В Белгородской области особое внимание необходимо уделять охране харьковско-полтавского водоносного горизонта (Скиданов и др., 2013), с которым в регионе связаны основные запасы подземных вод, используемых для водоснабжения.

Наглядным примером возникновения экологического кризиса вследствие высокой сельскохозяйственной нагрузки является территория Белгородской области, для которой крайне актуальна общемировая проблема водной эрозии почв. Интенсивность водно-эрозионных процессов в агроландшафтах ограничивает, с одной стороны, возможность устойчивого сельско-

хозяйственного производства области, с другой – нарушает экологическое равновесие геозкосистем.

Распаханность территории Белгородской области составляет 61% ее общей площади. Интенсивная агрогенная нагрузка осуществляется в достаточно сложных геоморфологических условиях, характерных для всего Центрально-Черноземного региона. Белгородская область расположена на территории Среднерусской возвышенности и характеризуется высокой расчлененностью рельефа (до 1,5 км/км²), а в этих условиях активно протекают процессы, как поверхностного смыва почв, так и линейного размыва почвогрунтов. Доля склоновых земель в Белгородской области составляет 72%. Пахотные земли в подавляющем большинстве (76%) расположены на склонах более 1° (Лукин, 2004) (рис. 2.1а). Преобладание склонового типа агроландшафта и высокая доля пашни создают условия для усиления водно-эрозионных процессов.

По данным крупномасштабного почвенного обследования (Соловиченко, Тютюнов, 2013), последние туры которого проводили в 80-х гг. прошлого века, более половины (53,6%) территории Белгородской области (1454,2 тыс. га) занято эродированными почвами; доля эродированных почв от площади пашни составляет 49,9% (рис. 31б).

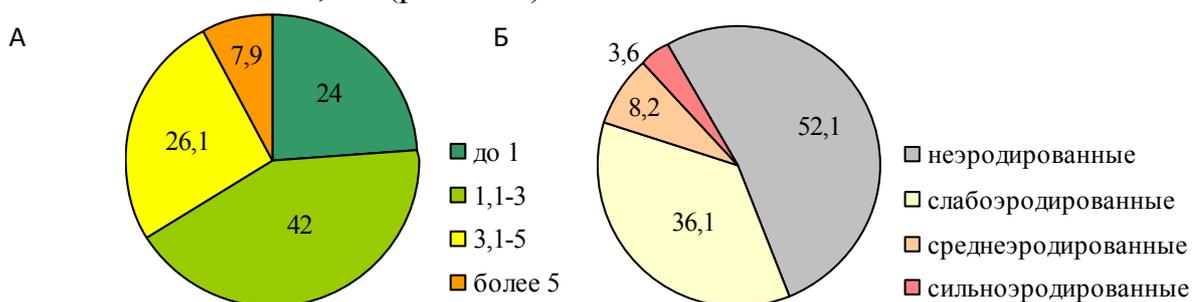


Рисунок 20 - Распределение пашни (%) Белгородской области:
А – по крутизне склонов, град.; Б – по степени эродированности почв

Темпы прироста эродированных площадей за период с 1950 по 1980 гг. составили на западе области 5,1%, в центре – 8,4%, на юго-востоке – 9,8%. Современные исследования (Лисецкий, Марциневская, 2009), использующие средства ДЗЗ, подтверждают рост эродированных площадей и в настоящее время: оценка площадей сильноэродированных почв показала их увеличение за последние 30 лет на 6%.

На основе обобщения результатов исследований скоростей смыва почв в Белгородской области (Жидкин, Чендев, 2014) показано, что по различным оценкам ежегодно с 1 га склоновых земель смывается в среднем от 5 до 20 т почвы. Смытые почвы Белгородской области потеряли около 130 млн. т гумуса, из-за чего на них наблюдается снижение продуктивности земледелия – ежегодный недобор продукции в пересчете на зерно составляет 1,22 млн. т (Лукин и др., 2008).

Массовая распашка земель и резкое сокращение лесистости в условиях интенсивной водной эрозии почв привели к деградации речной сети в масштабах всего Центрально-Черноземного региона (Белеванцев и др., 2011). К XX в. протяженность речной сети Белгородской области снизилась на 35% от исходного состояния (Чендев, Петин, 2006). Процессы деградации протекают и по сей день: по последним данным исследований структуры речного фонда Белгородской области (Дмитриева, Казьмина, 2014) 36% всех водотоков относятся к частично или полностью пересыхающим. Даже такие крупные реки области, как Сейм, Северский Донец, Псёл, имеют прерывающийся водный поток от установившегося на сегодняшний день истока (Петин и др., 2005).

Деградация речных русел – интегральный отклик природной системы на сложившуюся эколого-хозяйственную ситуацию на водосборе. Это яркий пример того, как геосистема бассейна реагирует на широкомасштабное преобразование ее компонентов, а в случае с Белгородской областью – на аграрно ориентированную трансформацию земельного фонда.

Решение проблемы интенсивной водной эрозии почв агроландшафтов стоит на повестке дня перед Правительством Белгородской области, которая является передовым регионом России в отрасли развития агропромышленного комплекса, ориентированного на технологическую модернизацию сельскохозяйственного производства с использованием наукоемких агротехнологий и новых концептуальных подходов, интегрирующих адаптивную интенсификацию и экологизацию земледелия (Кирюшин, 2012). В области реализуются крупномасштабные программы по биологизации земледелия, облесению эрозионно опасных земель «Зеленая столица» и внедрению концепции бассейнового природопользования. В 2014 г. губернатором Белгородской области Е.С. Савченко было утверждено Положение о проекте адаптивно-ландшафтной системы земледелия (АЛСЗ) и охраны почв (Об утверждении..., 2014), которое обязывает всех землепользователей, землевладельцев и арендаторов земельных участков осуществлять мероприятия по воспроизводству плодородия почв на основе проектов АЛСЗ, предполагающих контурную противоэрозионную организацию пашни.

Для Белгородской области очень востребованы новые исследования по актуализации данных состояния эродированности почв, количественной оценки эрозионных потерь почвы, а также тщательный анализ факторов развития эрозионных процессов. Негативное воздействие водной эрозии на агроэкосистему следует рассматривать и в аспекте его последствий, и как непрерывный процесс: помимо текущего состояния эродированных почв необходимо выявлять потенциально эрозионно опасные участки пашни. Геопланирование эрозионно опасных территорий должно работать на упреждение почвенно-эрозионных процессов. Для оценки их последствий и разработки проектных решений по их регулированию целесообразно использовать бассейновый подход, который наиболее полно раскрывает роль водной эрозии в устойчивом функционировании геоэкосистемы речного бассейна.

3.2. Факторы развития водно-эрозионных процессов и подходы к их моделированию

Многообразие видов почвенно-деградационных процессов, которых насчитывается более 40 (Крупеников, 2008), можно объединить в пять типов: химические (10 видов), физические (8), биологические (8), профильные (10), географические и общебиосферные. Водная эрозия почв – вид физической деградации, на долю которого приходится более 55% деградированных почв в мире (Global ..., 1990), что особо выделяет ее из прочих видов деградации почв.

В Белгородской области 98% площади эродированных почв является результатом водной эрозии, оставшиеся 2% территории подвержены дефляции. Далее в работе будут рассматриваться вопросы, касающиеся только водной эрозии почв.

Неоценимый вклад в развитие отечественного эрозиоведения внесли труды Н.И. Маккавеева, Ц.Е. Мирцхулавы, А.Н. Каштанова, Г.И. Швебса, Г.А. Ларионова, М.Н. Заславского, Г.П. Сурмача, Р.С. Чалова, М.С. Кузнецова, В.Н. Голосова, Л.Ф. Литвина, А.А. Светличного, В.П. Герасименко, И.К. Срибного, Ю.П. Сухановского, Ф.Н. Лисецкого, М.В. Кумани и других авторов.

Водная эрозия почвы – часть процесса денудации, которая состоит из разрушения, перемещения и отложения частиц почвы и пород под действием дождя и текущей воды и определяется законами падения капель и движения водных потоков (Швебс, 1974). Механизмы эрозии и аккумуляции тесно связаны и представляют собой единый процесс миграции почвенных частиц, поэтому лишь на отдельных относительно мало протяженных участках можно установить «чистую» эрозию и «чистую» аккумуляцию (Маккавеев, 1984).

Необходимым условием возникновения водной эрозии почвы является поверхностный сток. Различают три основных его вида: дождевой, талый и сток поливной воды. Им соответствуют три вида эрозии почв: дождевая эрозия (или ливневая – при сильных дождях), эрозия при снеготаянии и поливная (ирригационная) эрозия.

По воздействию на почву и морфологическим признакам эрозионных форм различают (Швебс, 1974) поверхностно-склоновую и овражно-русловую эрозию. При поверхностно-склоновой эрозии протекают два взаимосвязанных процесса: поверхностный смыв и линейный размыв почв. Первый приводит к уменьшению мощности верхних горизонтов почвы, второй – к образованию линейных форм эрозии: микроложбин, промоин и оврагов.

В результате многолетнего опыта исследования водно-эрозионных процессов в эрозиоведении определены основные факторы водной эрозии почв.

Климатический фактор определяет суммарное количество выпадающих осадков, их вид, продолжительность и интенсивность. Для ливневой эрозии данный фактор, как правило, выражается в интенсивности ливня, для эрозии талого стока – в суммарных запасах воды в снеге на период снеготаяния и параметрах талого стока. Опосредованно на развитие эрозионных процессов влияют температура, влажность воздуха, а также скорость и направление ветра.

Рельефный (топографический) фактор является определяющим фактором, влияющим на интенсивность и пространственную неоднородность эрозионных процессов. Обычно отражает влияние различных морфометрических характеристик: уклона, длины, экспозиции, продольной и поперечной кривизны склона. Во многих моделях представлен интегральной функцией рельефа, обобщающей длину и уклон.

Почвенный фактор отражает противоэрозионную стойкость почвенного покрова и учитывает совокупность таких параметров как: водопроницаемость, гранулометрический и минеральный состав, гумусированность, эродированность, влажность и др.

Фактор растительности (биогенный) отражает влияние типов возделываемых культур и периода их вегетации на размывающие скорости водных потоков и противоэрозионную стойкость почв.

Агротехнический (антропогенный) фактор отражает влияние на интенсивность эрозии почвозащитных мероприятий и способов обработки почвы.

При нехватке эмпирических данных о стоке и смыве самым распространенным методом изучения механизмов и последствий процессов водной эрозии является математическое моделирование. Математические модели водной эрозии часто выступают инструментом расчета и прогноза характеристик эрозионного процесса при решении теоретических и прикладных задач. В этом случае необходимо информационное обеспечение модели и наличие автоматизированных способов обработки данных для имитационного моделирования водно-эрозионных процессов. За весь период систематического изучения водно-эрозионных процессов было разработано более 60 математических моделей.

Одной из самых популярных моделей для оценки эрозионного ущерба является Универсальное уравнение почвенных потерь (*Universal Soil Loss Equation, USLE*) – физико-статистическая модель среднесезонного ливневого смыва, разработанная в США (Wischmeier, Smith, 1978). Основываясь на эмпирических данных по более чем 8000 пунктов наблюдений в США, уравнение позволяет рассчитать среднегодовые почвенные потери со склона в сравнении со стандартной стоковой площадкой длиной 22,13 м и уклоном 9%. Работа над совершенствованием уравнения ведется и по сей день, постоянно дополняясь новыми эмпирическими данными и теоретическими разработками. Последняя редакция базовой модели представлена Модифицированным универсальным уравнением потерь почвы (*Revised Universal Soil Loss Equation, RUSLE*) (Renard et al., 1993).

Универсальное уравнение имеет мультипликативную структуру, где перемножаются эрозионные факторы, выраженные через коэффициенты:

$$W = 0,224 \cdot R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P, \quad (2.1)$$

где W – среднегодовой модуль потерь почвы, $\text{кг}/\text{м}^2$; R – фактор эродирующей способности дождя; K – фактор эродируемости почвы; LS – фактор рельефа, где L – фактор длины склона, S – фактор уклона; C – фактор севооборота (агротехники); P – фактор почвозащитных мероприятий.

В НИЛ эрозии почв и русловых процессов географического факультета МГУ с начала 1970-х гг. разрабатывают методику оценки эрозионного смыва путем адаптации USLE к условиям Северной Евразии. В ходе работ каждый параметр USLE был верифицирован с учетом специфики местных почвенных, геоморфологических и климатических условий. Были построены картограммы распределения величины эродирующей способности дождя 30-минутной интенсивности на всю территорию СССР (Заславский и др., 1981).

Также была значительно изменена функция уклона, обоснованная Г.А. Ларионовым (1993). В результате были устранены завышенные значения смыва на длинных (свыше 300 м) и крутых (с уклонами более 15-20%) склонах. Модель была дополнена блоком оценки талого смыва почв – усовершенствованной моделью Государственного гидрологического института (ГГИ) (Инструкция ..., 1979). Результатом работ стали разномасштабные карты эрозионной опасности, охватывающие всю территорию России. Отдельно для каждого субъекта было оценено распределение обрабатываемых земель по среднегодовой интенсивности суммарных (талых и ливневых) эрозионных потерь почвы (Литвин, 2002).

Также следует выделить отечественные модели водной эрозии: логико-математическую модель Г.И. Швевса (1974) и ее модифицированную версию (Светличный, 1999), гидролого-геоморфологическую модель ГГИ (Инструкция ..., 1979), логико-математическую модель Г.П. Сурмача (1976, 1992), модель В.П. Герасименко и М.В. Кумани (Герасименко, 1997; Герасименко, Кумани, 2000), физически обоснованную модель Ю.П. Сухановского (Sukhanovskii, 2010).

Все выше перечисленные модели имеют в настоящее время ГИС-реализацию. Для эрозионных процессов с ярко выраженным пространственно-распределенным характером, геоинформационные технологии представляют собой наиболее эффективный инструмент исследований, оценки, прогноза и обоснования управленческих решений. Диапазон применения ГИС в исследованиях эрозионных процессов охватывает практически весь спектр их функций (Світличний, Плотницький, 2006) – информационно-справочную, мониторинга, автоматизированного картографирования, пространственно-временного анализа и моделирования, создания пространственных систем поддержки принятия решений в планировании, проектировании и управлении.

На сегодняшний день разработано огромное количество коммерческих и открытых настольных ГИС-приложений, которые используют для моделирования эрозионных процессов. Из широко применяемых в мире многофункциональных ГИС-пакетов можно выделить *ArcGIS* (ESRI Inc., США), *MapInfo Professional* (Pitney Bowes Inc., США), *GeoMedia Professional* (Intergraph Corp., США), *IDRISI* (Clark University, США) и др.

Из открытых (свободно распространяемых) ГИС, обладающих функциями глубокого морфометрического анализа рельефа, назовем *SAGA* (SAGA User Group Association, Германия), *GRASS* (GRASS Development Team), *QGIS* (QGIS Development Team) и др.

Возможности многофункциональных ГИС-пакетов с мощным блоком морфометрического и гидрологического анализа позволили перейти от одномерных (профильных) к двумерным (пространственно-распределенным) моделям водной эрозии почв.

В основе ГИС-моделирования лежит гидрологическая корректная цифровая модель рельефа (ЦМР), на основе которой рассчитывается направление и концентрация водных потоков в рельефе. Благодаря растровой интерпретации исходных данных при моделировании учитывается пространственная неоднородность сочетания эрозионных факторов.

При трехмерном анализе рельефа эрозионные почвенные потери оцениваются не только для элементарного склона, но и для микроводосбора. Поэтому с внедрением ГИС все большую популярность получают эрозионные модели, использующие в качестве единицы оценки почвенных потерь водосборы: *WEPP* (*Water erosion prediction project*) (Nearing et al., 1989; Flanagan, Nearing, 1995; Cochrane, Flanagan, 2003), *USPED* (*Unit Stream Power Erosion and Deposition*) (Mitasova et al, 1996; Mitas, Mitasova, 1998), модифицированная модель Г.И. Швевса (Пяткова, 2008; Светличный и др., 2014) и многие другие.

Опыт более 70-ти лет исследований процессов водной эрозии почв в настоящее время лег в основу методов современного геоинформационного моделирования эрозионных процессов. Мощные вычислительные возможности современных ГИС позволяют реализовать все более сложные эрозионные модели с множеством взаимозависимых переменных.

3.3. Геоинформационное обеспечение оценки эрозионного потенциала рельефа

Рельефные условия определяют формирование и пространственное перераспределение всех компонентов эрозионно-склоновых геосистем: атмосферных осадков, почвенного покрова, растительности, типов использования земель. Ключевая функция рельефа заключается в преобразовании потенциальной энергии поверхностных вод в кинетическую энергию склоновых потоков (Литвин, 2002).

Эрозионный потенциал рельефа – это совокупность его морфологических параметров, определяющих влияние рельефа на процессы эрозии. Оцен-

ка эрозионной опасности любой территории должна учитывать пространственную изменчивость рельефных условий.

Распространение ГИС-технологий позволило заменить трудоемкий картометрический способ морфометрического анализа рельефа автоматизированным пространственным анализом растровой ЦМР, а производительность компьютерных систем сделало возможным моментальный анализ рельефа любой сложности для территорий любых площадей. Наиболее распространенными параметрами рельефа (Dobos, 2001), которые могут быть получены из ЦМР в растровом виде, являются: абсолютная и относительная высота, уклон, продольная и поперечная кривизна, концентрация стока, удельная площадь водосбора, длина склона, расстояние до водотока, высота над водотоком, экспозиция. Дополнительными специфическими параметрами рельефа, которые вычисляются алгебраически, являются: индекс увлажнения, индекс энергии водотоков, индекс дренирования, индекс аккумуляции стока, индекс транспорта наносов и другие.

Для определения набора параметров рельефа, необходимых для оценки эрозионного потенциала, необходимо рассмотреть механизм влияния некоторых факторов на водную эрозию почв.

Из всех факторов рельефа, влияющих на эродированность почв, решающую роль играет уклон. Он определяет скорость движения, а, следовательно, кинетическую энергию водного потока, которая напрямую влияет на интенсивность отрыва почвенных частиц. Физический смысл значения уклона подтверждает множество отечественных и зарубежных наблюдений, свидетельствующих о возрастании смыва почвы с ростом уклона как при ливневой эрозии, так и при эрозии талого стока. Однако теснота связи уклона с потерями почвы сильно варьирует в разных исследованиях. Согласно обобщению результатов исследований влияния уклона на дождевую эрозию, выполненную Г.И. Швобсом (1974), показатель степени при уклоне для разных моделей изменяется от 0,7-0,8 до 2,0-2,2. Это связано с тем, что вклад уклона сильно меняется в зависимости от интенсивности осадков, характера и состояния почвы, растительности и других факторов. Был сделан вывод, что увеличение показателя степени при уклоне целесообразно рассматривать совместно с эрозионной устойчивостью разных типов почв различной степени эродированности и характером подстилающей поверхности

В отношении длины склона в эрозиоведении сложилось неоднозначное представление. Распространено мнение, что фактор длины вносит вклад в эрозионные потери на протяжении всего склона. Данное предположение основано на втором законе Ньютона: считается, что слой стока по длине склона по мере накопления воды становится более мощным и при прочих равных условиях увеличивает скорость стекания, ведя к более интенсивному смыву. Это подтверждают многочисленные исследования в США при разработке эрозионной модели USLE. Эксперименты по установлению зависимости роста смыва от увеличения длины склона показывают, что показатель степени

по длине колеблется от 0,35 до 0,6 (Швебс, 1974). Как правило, подобные опыты проводятся на малых стоковых площадках длиной до 100 м, что не отражает роль длины на склонах большей протяженности.

Другая точка зрения отмечает неоднозначность зависимости смыва от длины склоны. В соответствии с теорией склонового стока (Бефани, 1949) основной причиной изменения смыва вниз по склону является динамика глубины потока. В случае полного стока, когда на склоне устанавливается поток с нарастающими глубинами, будет происходить увеличение смыва с ростом длины склона. Однако при неполном стоке увеличение смыва вниз по склону выражено не будет. Исследования Н.М. Шелякина (1993) в условиях центра Русской равнины показывают, что по мере увеличения длины склона доля смытых почв уменьшается, особенно на склонах длиной 100-400 м.

Ц.Е. Мирцхулава (2000) в модели ливневого смыва рассматривает длину склона не как расстояние от водораздела до подножья, а как длину отрезка участка активной эрозии. Он начинается от нижней границы неэродируемого участка склона, размер которого зависит от интенсивности выпадения осадков и противоэрозионных свойств почв, и рассчитывается по специальной формуле. В связи с этим рекомендуется до расчетов смыва почвы со склонов предварительно установить длину неэродируемого участка и сравнить с общей длиной склона. Если она окажется больше, то это означает, что склон не эродируется и количество смываемой почвы равно нулю.

А.А. Светличный (1991) при вычислении рельефного фактора водной эрозии использует понятие «раздельного сечения» – границы зоны активного наносообразования, где наблюдается нарастание интенсивности смыва вниз по склону. Ниже раздельного сечения связь между нарастанием интенсивности стока с расстоянием от водораздела не проявляется. Длина зоны наносообразования зависит от водопроницаемости почв, среднего уклона и густоты растительного покрова.

Роль длины склона в динамике стока не находит однозначного объяснения у специалистов. Мы придерживаемся мнения, что при мелко- и среднemasштабных исследованиях с целью оценки, типизации и районирования территории по эрозионному потенциалу рельефа допустимо пренебрегать длиной зоны наносообразования. Однако при крупномасштабных исследованиях по оценке почвенных потерь для конкретного землепользования или природно-территориальной единицы (речного бассейна) необходимо учитывать изменение влияния длины склона с ее нарастанием от водораздела.

В большинстве математических моделях ливневой эрозии факторы длины склона $f_1(L)$ и уклона $f_2(S)$ представлены в виде интегрального показателя – рельефной функции $f(L,S)$ вида:

$$f(L,S) = f_1(L) \cdot f_2(S) \approx f(L^p \cdot S^n),$$

где L – расстояние от водораздела; S – уклон; p, n – показатели степени. (2.2)

Интегральная функция рельефа, безусловно, имеет преимущества при оценке его эрозионного потенциала. Она учитывает совокупное влияние сразу двух факторов – длины склона и уклона. Существует множество интерпретаций аналитических записей рельефных функций, которые имеют общую особенность – гораздо бóльшую чувствительность почвенных потерь к изменению уклона, чем к изменению длины склона.

Для условий Белгородской области было выполнено исследование, анализирующее адекватность применения различных интерпретаций рельефной функции модели USLE (Лисецкий, Половинко, 2012). Оно основывалось на сравнительной оценке зависимости скорости уменьшения мощности гумусового горизонта от рельефных функций разного типа. В результате было установлено, что совместное проявление процессов эрозии и почвообразования наиболее адекватно описывают рельефные функции, разработанные Wischmeier, Smith (1978), Morgan (1979) и Stone, Hilborn (2000) и др. Также отмечается справедливость этой зависимости лишь для коротких склонов простой формы, где процессы аккумуляции еще явно не проявляются.

По результатам полевых исследований автором была исследована зависимость изменения степени эродированности почв, распределенных по топографическому градиенту (катенам), от геоморфологического фактора, выраженного через LS. Объектом исследования стали выделенные на пашне геохимически сопряженные эрозионные катены, где отклонения от однородного почвенного покрова обусловлены неоднородностью эрозионно-аккумулятивного процесса. Полевые исследования проводили в бассейне р. Топлинка, относящегося к Корочанско-Северскодонецкому эрозионному району Белгородской области среднего эрозионного расчленения, смыва и распространения маломощных почв. Почвенный покров полигона исследований представлен черноземами типичными среднemosными малогумусными.

На разноэкспонированных склонах (магнитные азимуты 11 и 206°) с помощью прибора высокоточного позиционирования были заложены два геоморфологических профиля с девятью точками отбора. Южный склон длиной 529 м имеет сложную выпукло-вогнутую форму и средневзвешенную крутизну 3,6°. Растительность на момент исследования – кукуруза. Нижняя точка профиля находилась в зоне замыкания створа собирающего водосбора. Северный склон выпуклой формы характеризуется длиной 514 м и средневзвешенной крутизной 4,4°. Растительность изменялась вниз по склону в следующей последовательности: кукуруза, ячмень, озимая пшеница. Массив эмпирических данных включал мощность горизонта А и содержание гумуса в слое 0-20 см в характерных точках изменения рельефной функции – на перегибах профиля. Для каждого отрезка профиля была рассчитана LS (рис. 2.2) по формуле R.P.C. Morgan (1979), разработанной на основе модели USLE (Wischmeier, Smith, 1978).

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 оконтурить 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, невозможно 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) [1].

Объектом горной геоинформатики [2] 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 горно-промышленного комплекса и в непосредственной близости к нему.

При разработке и установлении принципов ведения мониторинга горно-промышленных 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 [3].

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, исключаящими 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.

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 [4]. 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 [5, 6].

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.

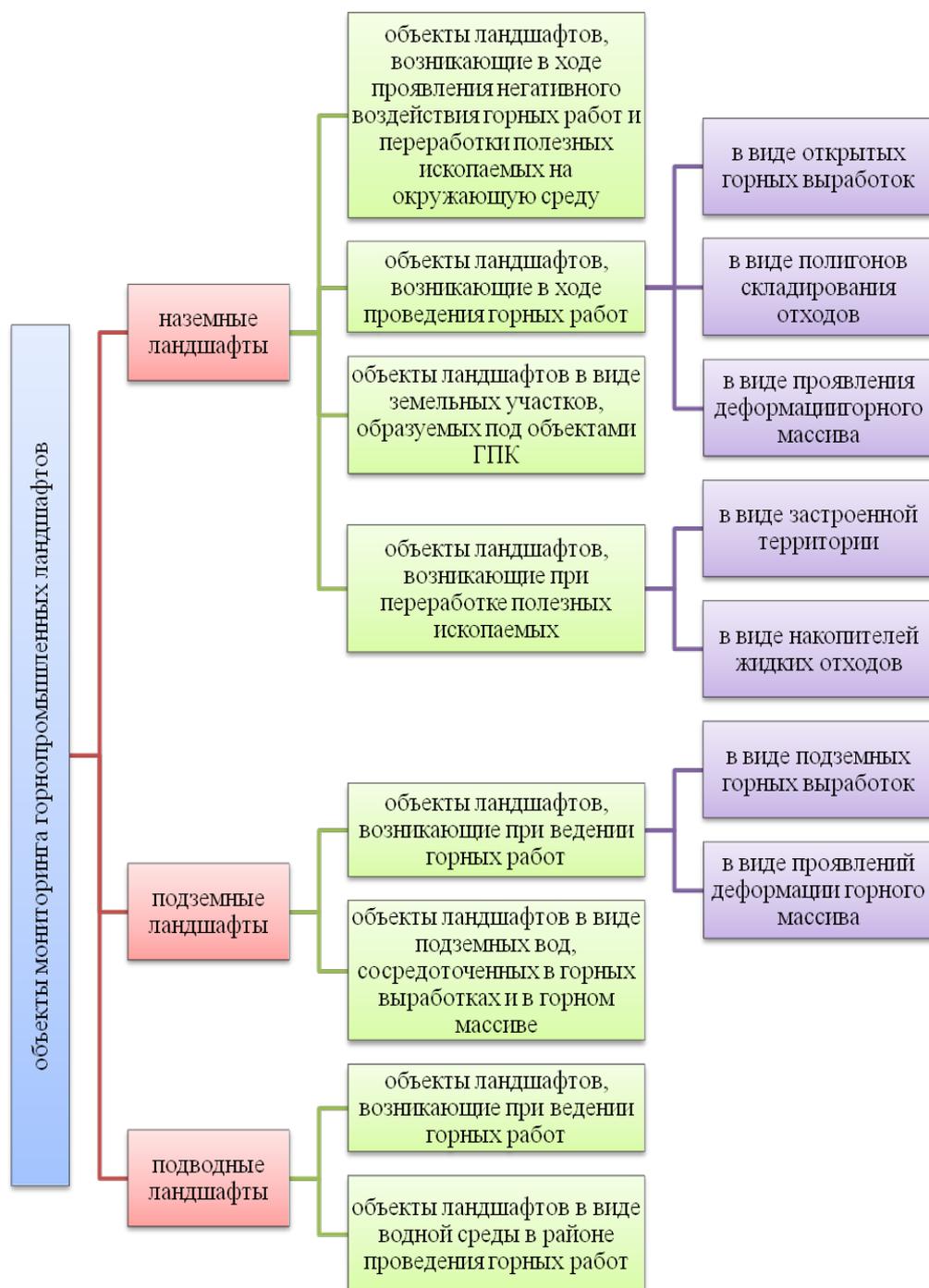


Рисунок 22 - Объекты мониторинга горнопромышленных ландшафтов

Неотъемлемой частью мониторинга являются методы и средства получения информации о состоянии объектов. Учитывая специфический вид объ-

екта 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 регулярное 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 [1].

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».

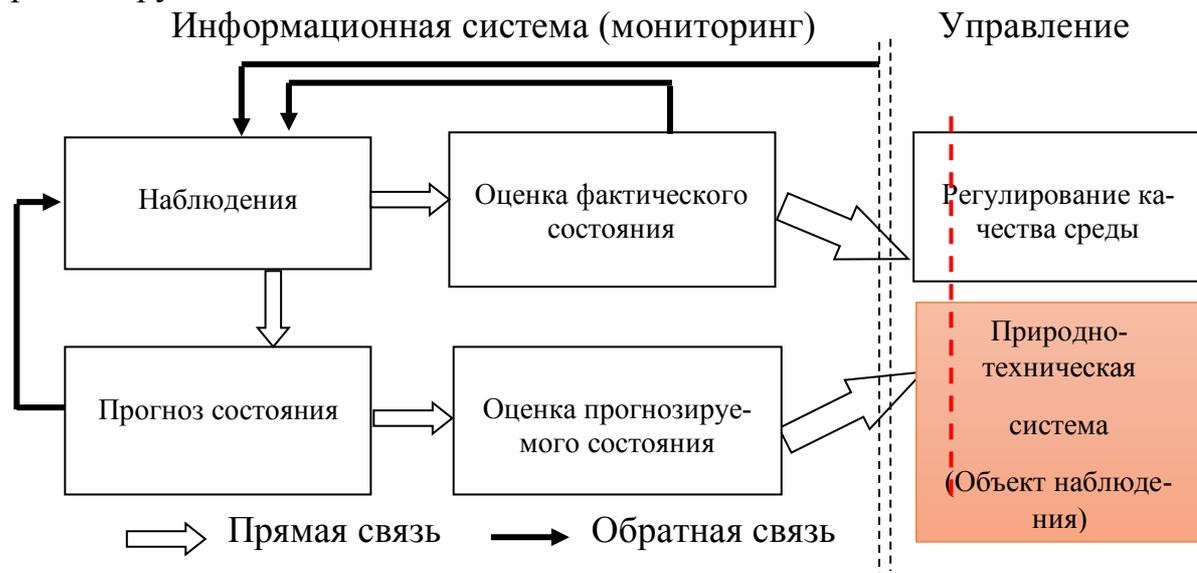


Рисунок 23 - Блок-схема системы мониторинга. (Источник: Израэль, 1984)

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 резуль-

тате 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 [4].

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.

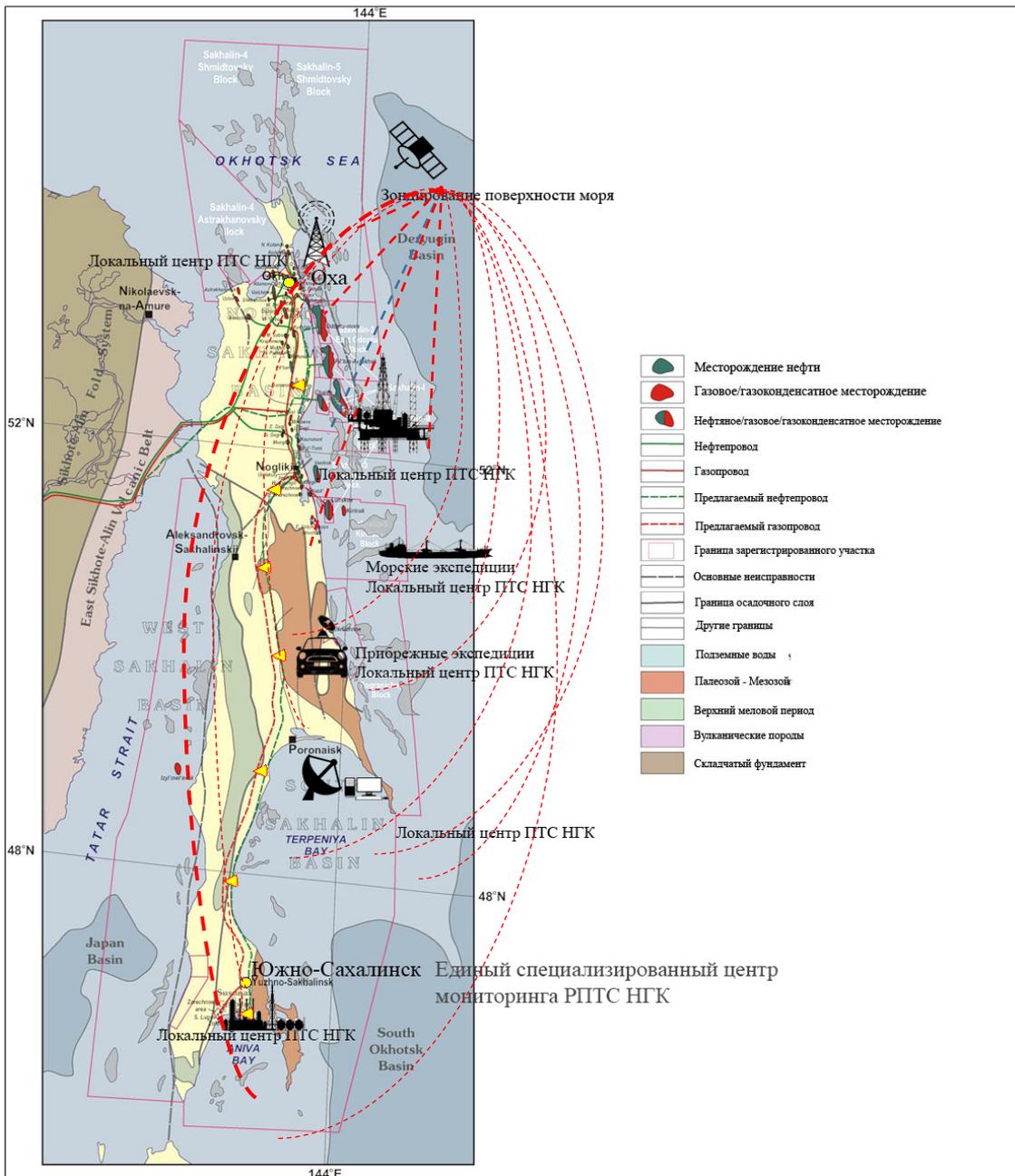


Рисунок 24 - Схема обеспечения комплексного мониторинга земель РПТС НГК

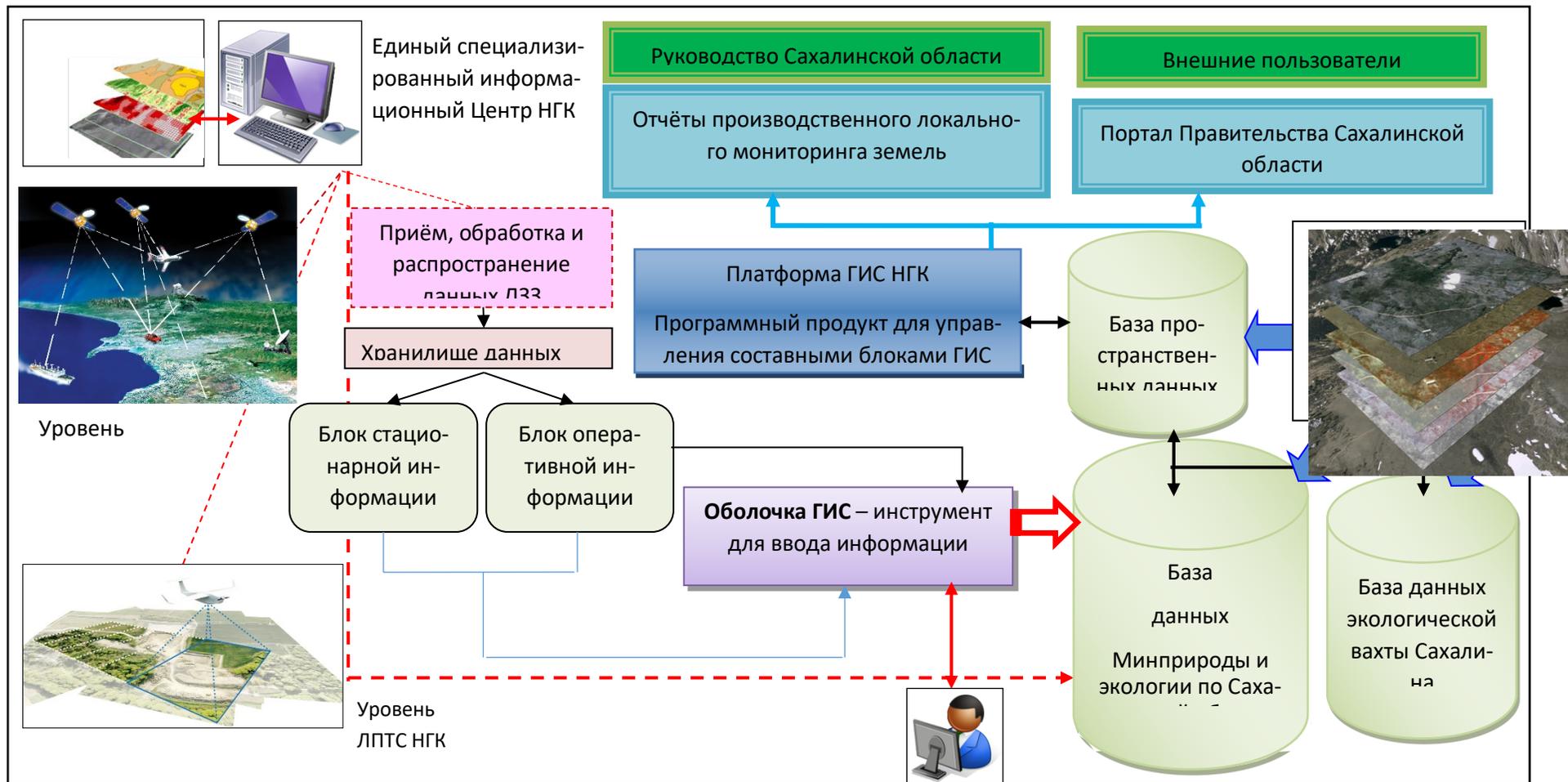


Рисунок 25 - Схема информационного взаимодействия при осуществлении комплексного мониторинга земель ЛПТС НГК

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», Свтггеотехніки, № 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, С.П. 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 РСПП, 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. Профессиональный девелопмент 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. // Имущественные 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.