

*На правах рукописи*



**БУЗМАКОВ**  
Сергей Алексеевич

**Геоэкологические закономерности техногенной  
трансформации наземных экосистем под воздействием  
эксплуатации месторождений нефти**

Специальность 25.00.36. – «Геоэкология»

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора географических наук

Пермь 2005

Работа выполнена на кафедре биогеоценологии и охраны природы географического факультета Пермского государственного университета

Научный консультант: Заслуженный эколог РФ, доктор географических наук, профессор Г.А.Воронов

Официальные оппоненты: доктор географических наук, профессор В.М. Разумовский

доктор географических наук, профессор И.И. Рысин

доктор географических наук, профессор Н.Н.Назаров

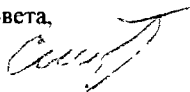
Ведущее учреждение: Научно-исследовательский институт геохимии биосферы РГУ

Защита состоится «28» октября 2005г. в \_\_\_ час\_\_ мин на заседании диссертационного совета Д-212.189.05 в Пермском государственном университете по адресу: 614990. г Пермь, ул.Букирева,15, зал заседаний Ученого совета. Факс: (3422)37-17-11.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Пермского государственного университета.

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » сентября 2005г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат географических наук



И.А.Старков

2006-4  
12769

2767950

## ВВЕДЕНИЕ

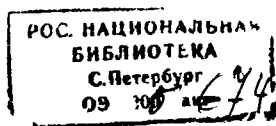
Производственная деятельность нефтедобывающих предприятий обуславливает существенное воздействие на природные компоненты и комплексы (Пиковский, 1993; Оборин, Стадник, 1996; Солнцева, 1998). Управление взаимодействием общества и природы на основе познанных закономерностей позволяет избежать отрицательных техногенных изменений природной среды (Разумовский, 2000).

Современное исследование вопросов техногенного воздействия нефтедобывающих предприятий на окружающую среду характеризуется неравномерностью их изученности в отношении факторов влияния промышленности на природные компоненты. Так, наиболее всесторонне проанализированы проблемы, связанные с изменением геологической среды и водных объектов (Быков, 2000), почвенного покрова (Гилязов, 1980), процессов деградации нефти в окружающей среде (Пиковский, 1993; Солнцева, 1998). Определены основные параметры влияния на атмосферу. Существуют сведения, касающиеся оценки состояния растительности (Чижов, Захаров и др., 1998) и животного мира (Гашев, 1990), мелкомасштабные районирования потенциала устойчивости ландшафтных комплексов к нефтепромысловому воздействию (Глазовская, 1983). Вместе с тем экосистема в качестве объекта исследования не рассматривается, что не позволяет полноценно решать геоэкологические проблемы природопользования.

Применение методологий, основанных на географических, геологических и геохимических подходах, дало возможность расширить и углубить представления о нефтепромысловом техногенезе, его влиянии на трансформацию природной среды. Несмотря на то, что все они имеют хорошо выраженный средоохранительный характер, их связь с классическими представлениями экологии относительна: она заключается главным образом в переносе терминов из одной области научных знаний в другую и их переосмыслении (Реймерс, 1994; Трофимов, Зилинг, 2002).

Наряду с этим видна и неполнота представлений классической экологии, касающихся отображения пространственных изменений природной среды. География, с присущей ей полицентричностью предмета исследований, позволяет вводить экосистемные представления и на этой базе проводить геоэкологические исследования.

В связи с этим ясна необходимость изучения процессов трансформации иерархически организованных экосистем,



находящихся в условиях загрязнения, для разработки научно обоснованных решений по нормализации среды обитания на локальном и региональном уровнях.

Применение в сочетании подходов биогеографии, экологии и ландшафтоведения дает возможность получить новые представления как о пространственно-временных, так и о структурно-функциональных закономерностях существования преобразованных экосистем. Современная методология изучения наземных экосистем должна представлять собой комплекс географических и экологических методов, позволяющий выявлять закономерности природно-техногенных процессов.

**Цель настоящей работы** — выявление закономерностей трансформации наземных экосистем при техногенном воздействии в ходе эксплуатации месторождений нефти на основе разработки и применения географо-экологической методологии исследования изменений природной среды.

Для достижения цели необходимо было решить **следующие задачи**.

1. На базе географических и экологических представлений сформулировать концепцию техногенной трансформации наземных экосистем при эксплуатации месторождений нефти.

2. Разработать на основе экосистемного подхода геоэкологическую методологию изучения трансформации природной среды эксплуатируемых нефтяных месторождений.

3. Определить ландшафтно-биогеоценотические особенности и фоновое состояние природной среды на территории деятельности нефтедобывающих предприятий в Пермском Предуралье.

4. Провести экспериментальное моделирование техногенной трансформации. Изучить влияние техногенного фактора на основные структурные компоненты наземных экосистем: почву, растения, микроорганизмы. Определить последовательность смены состояния биотопа и биоты при техногенной трансформации.

5. Выявить техногенные изменения абиотических компонентов на территории эксплуатируемых месторождений нефти на основе изучения атмо-, гидро-, почвенно-химических параметров; рассчитать пространственные изменения основных совокупных свойств экосистем; определить состояние биотических компонентов в условиях реального техногенного воздействия. Установить геоэкологические (пространственные, структурно-функциональные) закономерности техногенной трансформации наземных экосистем.

Разработать типологию природно-техногенных экосистем для территории нефтепромыслов.

6. Охарактеризовать современную экологическую политику и практику нефтедобывающих предприятий, определить основные направления оптимизации природопользования, повышения экологической безопасности, природоохранной деятельности на основе полученных закономерностей техногенной трансформации наземных экосистем.

**Методологическая и теоретическая основа исследований:** концепция экосистемы; экологические представления об основных структурно-функциональных компонентах экосистемы: биотоп, автотрофы-продуценты, гетеротрофы-консументы, сапротрофы-редуценты. Географические и биогеоэкологические положения об иерархической пространственной организации природной среды. Представления о стадийном диссонансе техногенно обусловленного развития природных систем, едином геохимическом углеводородном цикле.

**Основные научные положения, выносимые на защиту:**

1. Географо-экологическая методология сбора, анализа и обобщения информации по состоянию природной среды, включающая в себя методы, методики экспериментирования и слежения за распространением техногенных воздействий, изменения биотопа, автотрофов, гетеротрофов и сапротрофов с учетом пространственной дифференциации территории, обеспечивает изучение направления, последовательности и обратимости состояний наземных экосистем при техногенной трансформации.

2. В зависимости от величины техногенной нагрузки и изменения свойств биотопа биотический компонент последовательно находится в техногенных состояниях: неравновесного минимального оптимума, равновесного оптимума, неравновесного максимального оптимума, пессимума и репрессии.

3. Типология природно-техногенных экосистем отражает закономерности трансформации природной среды на территории эксплуатируемых месторождений нефти.

4. Геоэкологические закономерности трансформации наземных экосистем – теоретическая основа для управления природно-техногенными экосистемами, формирования пространственных аспектов экологической политики нефтедобывающих предприятий, комплексного природопользования, восстановления земель и утилизации нефтесодержащих отходов.

**Научная новизна.** В работе впервые:

1) разработана географо-экологическая методология исследования трансформации наземных экосистем при эксплуатации нефтяных месторождений;

2) научно обоснованы представления о трансформации наземных экосистем на основе выделенных качественных состояний биотопа, биотического компонента под воздействием техногенного фактора;

3) введены категории, отражающие состояние биоты, находящейся под воздействием техногенного фактора: неравновесный минимальный оптимум, равновесный оптимум, неравновесный максимальный оптимум, лессимальное состояние;

4) выполнена типология природно-техногенных экосистем по основным техногенным факторам, состоянию биотопа и биотических компонентов;

5) деградация и восстановление наземных экосистем изучены на ранее не исследованных территориях Пермского Предуралья;

#### **Практическая ценность и реализация работы**

Созданная методология изучения трансформации наземных экосистем применима при исследованиях природно-техногенных процессов в различных регионах; выявленные структурно-функциональные закономерности изменения экосистем характерны для территории нефтяных разрабатываемых месторождений.

Геоэкологические закономерности трансформации наземных экосистем дали возможность определить основные направления экологической политики нефтедобывающих предприятий, провести комплексное природопользование, оптимизировать рекультивацию земель и утилизацию нефтесодержащих отходов на территории Пермского Предуралья.

Разработка текущих природоохранных норм и правил, основных направлений формирования перспективных норм и правил для территории нефтепромысла позволяет принять проектные решения, направить технические и организационные мероприятия на восстановление и сохранение природной среды, определить основные пути оптимизации экологической ситуации на территории нефтяных месторождений.

Получены 2 авторских свидетельства о регистрации интеллектуального продукта: «Геоэкологический способ разработки нормативов предельно допустимого содержания нефтепродуктов в почвах» (№7320030012 от 30.10.2003); «Количественные критерии предельно допустимого содержания остаточных нефтепродуктов в

почвах Пермской области» (соавторы Г.П.Башин, В.И.Каменщикова, Л.В. Кувшинская №7320030013 от 30.10.2003. М., ВНИИЦ).

Проведенная работа позволяет разрабатывать программы экологической безопасности, ОВОС, методики экологических оценок, проекты комплексного природопользования, принять регламенты безопасного выполнения работ по рекультивации и утилизации нефтяных отходов. Результаты исследования используются в курсах лекций для специальностей «Природопользование» и «Экология», в методических пособиях, при написании курсовых и дипломных работ.

**Личный вклад автора.** Автору принадлежит постановка проблемы, разработка теоретических положений и методологии техногенной трансформации наземных экосистем, программы исследований, организация и проведение полевых наблюдений, экспериментальных работ, анализ фондовых данных, обобщение полученных научных материалов.

**Апробация работы и публикации.** Материалы и результаты исследований обсуждались на расширенном заседании кафедр биогеоэкологии и охраны природы, гидрологии и охраны водных ресурсов географического факультета Пермского государственного университета, межгосударственной конференции «Геоэкологические аспекты хозяйствования, здоровья и отдыха» (Пермь, 1993), 2-й Международной научно-практической конференции «Экология и охрана окружающей среды» (Пермь, 1995), III Международном совещании «Геохимия биосферы» (Новороссийск, 2001), Международной научно-практической конференции «География и регион» (Пермь, 2002), региональной научно-практической конференции «Географические проблемы Уральского Прикамья» (Пермь, 2003), Международной школе «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (Новороссийск, 2003), XIII Международном симпозиуме «Экология-2004» (Болгария, 2004).

**Публикации.** Основное содержание и результаты работы опубликованы в монографии и 45 научных работах.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 405 страницах машинописного текста, состоит из введения, 6 глав и заключения, включает 138 таблиц, 65 рисунков. Прилагается библиографический список (378 названий).

**Благодарности.** Автор выражает глубокую признательность своему научному консультанту д.г.н., профессору Г.А. Воронову за постоянное внимание и поддержку. В сборе материала оказали большую помощь ведущий специалист управления по охране природы

Пермской области И.В. Ладыгин, профессор С.А. Овеснов, научный сотрудник к.б.н. Л.В. Кувшинская, к.б.н. В.И. Каменщикова. Автор благодарит сотрудников лаборатории экологии и природопользования кафедры биогеоэкологии и охраны природы Пермского государственного университета. Автор выражает благодарность за ценные советы и замечания профессору А.А. Оборину, профессору С.А.Двинских, доценту В.А.Шкляеву.

## СОДЕРЖАНИЕ

### 1.СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ТЕХНОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Техногенная трансформация природной среды – процесс изменения природных компонентов и комплексов под воздействием производственной деятельности. Изменение вызывает нарушение метаболизма, функционирования и структуры исходных природных комплексов, способствуя переходу их в результате смен состояний из ряда биогенных в ряд абиогенных.

Трансформация экосистемы предусматривает изменение во времени и пространстве биотопа, биотических компонентов и биогеоценотических процессов. Если изменения вызываются в основном внутренними взаимодействиями, то происходит эндогенная трансформация (восстановление). Процессы, которые определяются внешними силами, называются экзогенными (деградация) (Одум, 1988).

На ранних стадиях автотрофной трансформации в среде, лишенной органического вещества, скорость образования первичной продукции превышает скорость дыхания сообщества. В условиях, когда изменения происходят в богатой органической среде, которую первыми заселяют бактерии и другие гетеротрофные организмы, трансформация, соответственно, называется гетеротрофной.

Привнесенные вещества, энергия, антропогенные нарушения могут остановить или повернуть вспять трансформацию экосистемы. Дегградация во многих аспектах обратна восстановлению. Если влияние внешних факторов сильнее влияния внутренних процессов, то экосистема не в состоянии стабилизироваться и, заполняясь антропогенными веществами, может изменить основной тренд своих трансформационных колебаний.

Причинами, ограничивающими возможность существования организма, являются факторы среды, которые в конкретной обстановке имеют пессимальное значение, несмотря на оптимальное сочетание

других отдельных условий. Закон толерантности В.Шелфорда: лимитирующим фактором процветания вида может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, диапазон между которыми определяет величину выносливости организма к данному фактору (Второв, Дроздов, 1978; Реймерс, 1994). Закон минимума Ю.Либиха, безусловно, лежит в основе всех обнаруженных частных закономерностей проявления во взаимоотношениях типа организм – среда. К этой группе примыкает правило фазовых реакций («польза – вред»): малые концентрации токсиканта стимулируют основные функции организма, тогда как более высокие концентрации – угнетают. Эта токсикологическое правило справедливо для многих веществ. Благоприятное воздействие малых доз негативных факторов называют гормезисом (Реймерс, 1994).

Экологические последствия техногенного влияния на организмы обычно основаны на концепции порогового воздействия в соответствии с установленной зависимостью «доза-эффект». В современной гигиенической токсикологии, а вслед за ней и в природоохранной деятельности, обычно подразумевается альтернативный характер оценки этой зависимости, предполагающий наличие или отсутствие отрицательного эффекта при заданном уровне воздействия.

Для определения особенностей (смен) состояния биотопа и биотических компонентов возникает необходимость выявления закономерностей воздействия техногенного фактора на экосистему. Прежде всего, это касается фактора поступления нефтепродуктов в почвы, поскольку существуют противоречивые данные, отмечающие и позитивные, и негативные последствия.

Концепция экосистемы – наиболее подходящий фундамент для развития геоэкологических исследований трансформации природной среды под влиянием техногенных процессов. Эта концепция определяет основные направления современных экологических исследований.

В рамках географических исследований влияния нефтяной промышленности наиболее широко развивался геохимический подход. Созданы концепции техногенных потоков, техногенных геосистем, показана глобальная роль углеводородов в биосфере Земли, их генезис, миграции и превращения (Пиковский, 1993). Разработаны представления об особенностях протекания техногенного галогенеза, битумизации в основных природных зонах РФ (Солнцева, 1998).

Добыча нефти сопровождается периодизацией преобразования экосистем. Механогенез замещается интенсивными геохимическими

нагрузками, поскольку возрастает изношенность оборудования и увеличивается агрессивность внешней среды к техническим объектам. Основными загрязняющими веществами на территории промыслов являются нефть, пластовые воды, попутный газ и продукты его сгорания.

В Пермской области сложились устоявшиеся научные традиции в изучении трансформации природных комплексов и компонентов (Воронов, 1993), структуры подземной биосферы (Оборин, 1996), влияния нефтедобывающей промышленности на окружающую среду (Быков, 2000, Костарев, 1990), биоремедиации и, в целом восстановления нефтезагрязненных земель (Оборин, Калачникова и др., 1991; Середин, 1998; Иларионов, 2004). Исследование географических объектов опирается на системный подход (Двинских, Бельтюков, 1992). Достаточно подробно описано фоновое состояние природных компонентов (Овеснов, 1997; Шепель, 1992; Шкляев, 1963) и ландшафтов (Назаров, 1998).

Вместе с тем проблема исследования техногенной трансформации наземных экосистем на территории эксплуатируемых нефтяных месторождений в различных регионах РФ остается актуальной. Усиливающееся влияние техногенеза на природные процессы и несовершенство способов его изучения нередко затрудняют, делают невозможным точное определение генезиса тех или иных явлений, вызывающих существенные изменения состояния экологической обстановки в различных регионах (Разумовский, 2000).

Трансформация наземных экосистем как изменение биотопических условий, реакция биоты на влияние нефтепромыслового техногенеза на территории Пермского Предуралья недостаточно изучена ввиду отсутствия методологии таких исследований, что не позволило в результате решать и важные хозяйственные задачи оптимальным образом. Изучение закономерностей трансформации наземных экосистем, создание методологии исследования целесообразно как с теоретической, так и практической точек зрения.

Трансформация наземных экосистем при эксплуатации месторождений нефти – последовательная и цикличная смена их состояний деградационного и восстановительного направления, обратимого (зонального) и необратимого (азонального) характера, возникающая в результате взаимодействия загрязнителей, биотопа и биотических компонентов, обусловленная постоянным и/или периодическим воздействием техногенных факторов.

## 2. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

На базе нами сформулированной концепции техногенной трансформации наземных экосистем разработаны основы комплексной методологии исследования изменений природной среды при эксплуатации нефтяных месторождений региона.

Техногенное воздействие вызывает трансформацию наземных экосистем, определяет пространственные и структурно-функциональные особенности новообразованных природно-техногенных комплексов.

Основной функциональной единицей организации природной среды является экосистема. Основные компоненты экосистемы – автотрофы-продуценты, гетеротрофы-консументы, гетеротрофы-редуценты (сапротрофы), биотоп, поток энергии и круговорот веществ. Для экосистем важной характеристикой является состояние среды на выходе и входе (Реймерс, 1994).

В процессе взаимодействия техногенных факторов, биотопа и биотических компонентов возникают природно-техногенные экосистемы. Их формирование происходит в соответствии со структурно-функциональными (универсальными) закономерностями «техногенный фактор - изменение экосистемы», которые проявляются в реальной обстановке на территории месторождения в зависимости от мощности и времени техногенного воздействия, ландшафтно-биогеографической специфики.

Изучение трансформации экосистемы представляется наиболее эффективным, когда все применяемые методы и методики (наблюдение, эксперимент, моделирование) интегрируются в едином процессе геоэкологического исследования, которое основано на системе наблюдений за техногенным воздействием и наземными экосистемами (рис.1).

Комплексное изучение включает в себя следующие методологические процедуры: идентификация природно-техногенных процессов, определение географических особенностей территории исследований, экспериментальное моделирование, полевые наблюдения за реальными процессами, типология природно-техногенных экосистем, учет закономерностей трансформации в хозяйственной и природоохранной деятельности нефтедобывающих предприятий.

Идентификация природно-техногенных процессов выполнена на основании анализа техногенного воздействия и ответных реакций природной среды, смене состояний экосистем и их компонентов.



Рис.1. Методология исследования техногенной трансформации наземных экосистем

Техногенное воздействие – движущая сила природно-техногенных процессов, определяющая трансформацию наземных экосистем, пространственные и функциональные особенности природно-техногенных комплексов. Описание техногенного воздействия выполняется на основе изучения технологии добычи нефти и включает в себя инвентаризацию источников, пространственно-временные характеристики факторов, первичных и изменившихся в окружающей природной среде поллютантов. Анализируются известные сведения о ксенобиотиках.

Ответные реакции природной среды исследовались на основе учета изменений, прежде всего, основных компонентов экосистемы – автотрофов-продуцентов, гетеротрофов-консументов, гетеротрофов-редуцентов (сапротрофов), биотопа. Использовался покомпонентный способ, при котором сначала определяются свойства основных частей, а затем эти сведения экстраполируются на систему в целом.

Для изучения таких характеристик состояния экосистем как совокупные свойства, поток энергии и круговорота веществ, применялся обратный, целостный способ, который предполагает измерение и расчеты изменений их величин до и после воздействия (на выходе и на входе неделимой системы).

Определение географических особенностей территории исследований направлено на выявление существенной дифференциации региона по ландшафтно-биогеографическим (зональным) признакам и фоновой антропогенной нагрузке, которые по современным представлениям определяют специфику биогеохимических природно-техногенных процессов трансформации. Экспериментальные и полевые наблюдения были организованы в соответствии с этим районированием.

Экспериментальное моделирование проводилось для определения изменений свойств биотопа по мере увеличения воздействия техногенного фактора, зависимости состояния биотического компонента от величины техногенной нагрузки. Для выявления ландшафтно-биогеографических особенностей анализировались почвы таежной и подтаежной зон с различным хозяйственным использованием.

В опытах изучалось влияние нефтепродуктов на изменение физико-химических свойств, в том числе фильтрационных способностей почвы. Определялись особенности образования бенз(а)пирена, токсичность субстрата, изменения в начальном росте растений, количество выделенного из почв углекислого газа,

численность эколого-трофических групп микроорганизмов, ферментативная активность почв

Полевые наблюдения за реальными процессами позволили решить задачи обнаружения реальной техногенной трансформации экосистем с учетом ландшафтно-биогеографической специфики региона, бассейновой организации территории месторождения, апробации полученных при эксперименте представлений, изучения ранее не исследованных территорий нефтедобывающих предприятий; пространственно-временного распределения поллютантов в биотопах, состояния биотических компонентов экосистем в условиях техногенного воздействия.

Техногенные изменения абиотических компонентов в пределах эксплуатируемых месторождений нефти определялись на основе изучения атмо-, гидро-, почвенно-химических параметров.

Для полевых наблюдений за пространственно-временными, структурно-функциональными изменениями природной среды разработана сеть слежения за ее состоянием, которая включает источники и факторы техногенного воздействия, природные компоненты и экосистемы.

Можно выделить несколько этапов полевых обследований. Изучение технологии нефтедобывающего производства, основных источников воздействия на природную среду при добыче, внутрипромысловой транспортировке, переработке нефтесодержащей жидкости, основных «откликов» экосистем на изменение проходило в 1991-1992 гг. на территории Кокуйского месторождения.

Следующий этап предусматривал сплошное обследование центральной части территории Шагиртско-Гожанского месторождения с целью выявления наиболее существенных источников техногенного воздействия и определения пространственных особенностей распространения поллютантов, изменения природной среды.

Далее обследовались районы, которые подвергались наиболее существенной трансформации природной среды – территории, располагающиеся вокруг установок первичной переработки нефти (УППН).

В результате анализа последствий техногенного воздействия стал возможным сбор данных по изменению биотопических условий природно-техногенных участков, определению особенностей состояния биоты, который был выполнен также и на территориях других месторождений.

Для учета ландшафтно-биогеографических аспектов трансформации природных компонентов при эксплуатации

нефтепромыслов полевое исследование проводилось на территории нефтяных месторождений в основных равнинных географических подразделениях Пермского Предуралья: широколиственно-хвойных лесах, южной и средней тайге, островной Кунгурской лесостепи.

Состояние биотопа в техногенных условиях оценивается на основе данных почвенных, атмосферных и гидрохимических обследований, прежде всего, по параметрам распространения поллютантов.

Обследовано состояние почвенного покрова и дана ему характеристика на основе комплекса методик по выявлению деградированных и загрязненных земель (Методические рекомендации..., 1996). На территориях окружающих УППН и ряде месторождений проведено обследование с отбором 467 проб почв.

Для характеристики воздействия нефтепромыслов на атмосферу использовались данные, полученные при отборе проб воздуха непосредственно на месторождениях и расчетные данные (всего взято 154 пробы).

Состояние водных объектов на территории месторождений оценивалось в соответствии с методическими разработками и инструкциями по проведению геоэкологических исследований в районах разведки и разработки нефтяных месторождений (всего отобрано 324 пробы). Использовались также фондовые материалы МПР.

При полевых обследованиях растительности применялись традиционные геоботанические методики (Овеснов, 1989), а также методики оценки антропогенной деградации (Горчаковский, 1991), состояния древостоя (Карпенко, 1981), модифицированные для изучения воздействия нефтепромысловых объектов на окружающие фитоценозы. Всего выполнено 394 геоботанических описания и 121 санитарное состояние древостоя.

Для характеристики изменений животного населения проведен учет модельных видов млекопитающих общепринятыми способами в репродуктивные периоды. Для оценки экологической ситуации наиболее достоверным является метод сравнения состояния животных на контрольных и на подверженных техногенному воздействию территориях (Большаков, Садыков и др., 1987). Отработано 5600 ловушко-суток, отловлено 522 экземпляра млекопитающих 9 видов.

Оценка изменения видового состава териокомплексов проведена с помощью кластер-анализа (Песенко, 1982). Метод морфофизиологических индикаторов (Шварц, Смирнов, 1968), феногенетический способ (Васильев, 1984) позволили сделать анализ

выборки модельного вида рыжей полевки (*Cl. glareolus*), обитающей на всех обследованных территориях.

В качестве редуцентов рассматривались эколого-трофические группы почвенных микроорганизмов. Для изучения влияния нефтепромыслов на редуцентов (сапротрофов) отбирались пробы почв, воды в районах воздействия технологических объектов на атмосферу, в местах аварийных разливов жидкости, в родниках, пойменных почвах малых рек на территории месторождения. Определялось содержание нефтепродуктов, количество сапрофитных, нефтеокисляющих микроорганизмов, рассчитывалось их соотношение. Всего отобрано для определения микробного населения 147 проб.

Для первоначальной оценки состояния экосистем и масштаба воздействия нефтепромыслов использовалась модифицированная нами методика определения основных совокупных свойств пространственно ограниченных экосистем (Пузаченко, 1998) по следующим параметрам: запас фитомассы, разнообразие пространственной структуры, возраст (сукцессионная стадия), гетеротрофная емкость экосистем, техногенному изменению круговорота веществ. Влияние нефтепромыслового воздействия оценивалось по водосборным бассейнам для определения масштабов техногенного воздействия.

Типизация природно-техногенных процессов установила геоэкологические закономерности техногенной трансформации наземных экосистем: универсальные (структурно-функциональные) и их проявления на бассейновом и ландшафтно-биогеографическом уровнях. По основным техногенным факторам, состоянию биотопа и биотических компонентов определена типология природно-техногенных экосистем.

Наличие достаточного материала дало возможность оценить роль основных техногенных факторов, определить характер и масштабы изменения атмосферы, гидросферы, почвенного покрова, растительности, животного населения под влиянием нефтепромыслов. Разработанный комплекс методов и методик позволил описать техногенное воздействие нефтепромыслов на наземные экосистемы.

Разработка и применение единого методологического комплекса сбора, анализа и обобщения информации о состоянии природной среды, включающего в себя методы и методики слежения и экспериментирования, распространению техногенных воздействий, изменениям биотопа, автотрофов, гетеротрофов и сапротрофов, обеспечивает изучение направления, последовательности состояний и обратимости природно-техногенных процессов трансформации наземных экосистем с учетом географических особенностей региона.

### **3. ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

На территории равнинной части Пермского Предуралья (Назаров, 1998) выделяется несколько типов ландшафтов: бореальные гумидные (таежные с подтипами среднетаежным и южнотаежным); бореально-суббореальные гумидные (подтаежные); суббореальные семигумидные (лесостепные).

По степени увеличения концентрации и времени нефтедобычи территорию региона можно представить следующим образом: средняя тайга - южная тайга - Кунгурская лесостепь - широколиственно-хвойные леса.

По новейшим данным на территории равнинной части Пермского Предуралья сохранились значительные площади естественных экосистем, прежде всего, на севере региона. Сукцессионный возраст экосистем хозяйственно освоенных южных подзон региона меньше, чем на севере. Запасы фитомассы и продуктивность естественных экосистем изменяются в соответствии с природными закономерностями – увеличиваются с севера на юг. Разнообразие типов элементарных экосистем максимально в средней тайге, минимально – в южной. Хвойно-широколиственные леса сохранили разнообразие выше, чем южнотаежные. Фоновая антропогенная нагрузка приводит к трансформации наземных экосистем, которая выражается в первую очередь в омоложении, снижении разнообразия.

### **4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ**

Результаты биотестирования показали, что, несмотря на применение несколько отличающихся друг от друга поллютантов, различных видов субстрата, наблюдаются сходные ответные реакции биоты и изменений биотопов.

Часть физико-химических свойств (соотношение углерода и азота) нефтезагрязненного субстрата изменяется прямо пропорционально количеству поступившей нефти. Увеличивается содержание нефтепродуктов. Другие свойства почвы характеризуются более сложной динамикой изменчивости. Капиллярная влагоемкость, развитие растений при малых дозах загрязнения свидетельствуют об улучшении водно-воздушных свойств (увеличение гидро-аэрофильности) субстрата. При увеличении дозы абиотическая среда

практически однонаправленно изменяется в сторону увеличения гидро-, аэрофобности (рис.2).

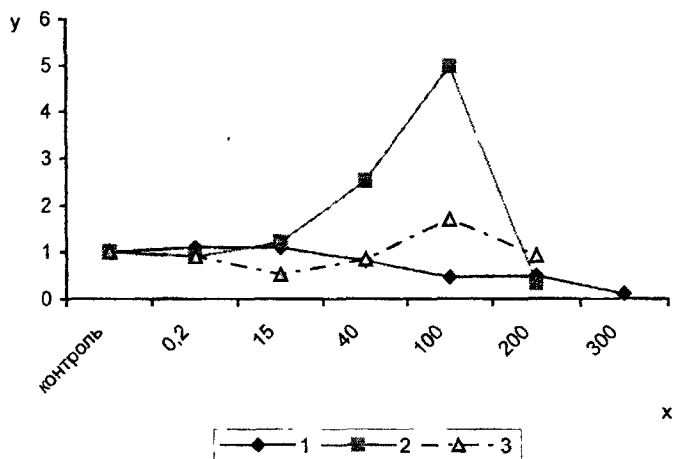


Рис.2. Изменение водного режима почвы при внесении нефти, где у – относительная величина изменения свойства; х – доза нефти. 1 – капиллярная влагоемкость, 2- время впитывания воды, 3 – время фильтрации

Растения положительно или нейтрально реагируют лишь на самые незначительные дозы нефти. При увеличении концентрации поллютанта начинается снижение жизнедеятельности автотрофов-продуцентов, выражающееся в последовательных разнокачественных состояниях: от затруднений в росте до гибели.

Зависимость жизнедеятельности микроорганизмов от дозы поллютантов более сложна. Гетеротрофы-редуценты органического вещества на первоначальные воздействия реагируют положительно; затем наступает период отсутствия ответной реакции на фоне высокого уровня метаболизма микроорганизмов; при увеличении количества нефти снижается жизнедеятельность микробоценоза.

Избыточное поступление нефти существенно изменяет водно-воздушные условия почвенного субстрата. Потребление органики активизирует сапрофитные и нефтеокисляющие микроорганизмы, что способствует развитию анаэробных условий, которые угнетают и растения. Формируется равновесная сапротрофная экосистема. Скорость утилизации нефтепродуктов зависит от обеспеченности

влажностью и воздухом. При оптимальном содержании органики она перестает быть лимитирующим фактором, такими факторами становятся универсальные, но малодоступные в условиях нефтяного загрязнения влага и воздух.

Экспериментальные данные позволяют выделить основные геоэкологические уровни загрязнения нефтью на основании изменения свойств биотопа и реакции биоты.

Фоновый уровень. Загрязнение отсутствует. Биотоп зонален. Содержание нефтепродуктов до 0,11 г/кг. Численность сапрофитов и нефтеокисляющих микроорганизмов низкая (соотношение 10:1-1:1). Сбалансированная автотрофная экосистема.

Первый уровень. Доза загрязнения 0,8-1 г нефти на кг почвы. Увеличивается обеспеченность органикой, капиллярная емкость почв для воздуха и влаги, время фильтрации и впитывания влаги. Условия для растений оптимальны. Растения сначала повышают, а затем снижают общий вес до фонового. Численность сапрофитов и нефтеокисляющих микроорганизмов повышается. Оптимальная автотрофная экосистема.

Второй уровень. Доза загрязнения от 1 до 15 г. Капиллярная влагоемкость увеличивается, достигая максимума. Увеличивается время фильтрации и впитывания влаги. В целом ухудшаются условия развития растений из-за чрезмерного капиллярного переувлажнения. Возрастает обеспеченность органикой. Численность сапрофитов и нефтеокисляющих микроорганизмов повышается. Угнетенная автотрофная экосистема.

Третий уровень. Загрязнение 15-21 г. Капиллярная емкость почв уменьшается до фонового уровня. Увеличивается время фильтрации и впитывания влаги. Условия для развития зональных растений отрицательные. Возрастает обеспеченность органическим веществом. Численность сапрофитов и нефтеокисляющих микроорганизмов повышается. Угнетенная автотрофная экосистема.

Четвертый уровень. Доза загрязнения 21-32 г. Капиллярная емкость почв уменьшается. Увеличивается время фильтрации и впитывания влаги. Условия для развития растений отрицательные (анаэробные и гидрофобные). Возрастает обеспеченность органикой. Численность сапрофитов и нефтеокисляющих микроорганизмов повышается. Оптимальная сапротрофная экосистема.

Пятый уровень. Загрязнение 32 – 50г. Резко возрастает количество бенз(а)пирена (рис.3). Субстрат становится токсичным. Капиллярная емкость почв уменьшается. Увеличивается время фильтрации и впитывания влаги. Условия для развития растений резко

отрицательные. Обеспеченность органикой возрастает Численность сапротитов и нефтеокисляющих микроорганизмов максимальна. Оптимальная равновесная сапротрофная экосистема.

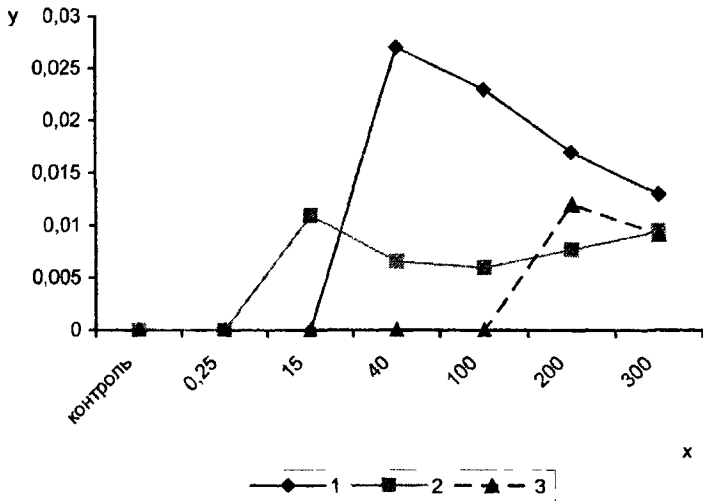


Рис.3. Изменение содержания бенз(а)пирена в почве, загрязненной нефтью, где

у- концентрация бенз(а)пирена мг/кг почвы; х- доза нефти г/кг почвы; 1 – 1 месяц загрязнения нефтью, 2- 2 месяца загрязнения нефтью, 3- 3 месяца загрязнения нефтью

Шестой уровень. Загрязнение 50–91 г. Представляет опасность образование бенз(а)пирена. Капиллярная емкость почв уменьшается. Время впитывания и фильтрации воды через почву достигает максимума. Для развития растений очень отрицательные условия. Численность сапротитов и нефтеокисляющих микроорганизмов снижается, но остается выше фонового. Оптимальная сапротрофная экосистема.

Седьмой уровень. Загрязнение 91–150 г. Время впитывания и фильтрации воды через почву резко уменьшатся. Аэробные и гидрофобные условия. Свойства острой токсичности субстрата снижаются. Численность сапротитов и нефтеокисляющих микроорганизмов уменьшается до фонового уровня. Близкая к оптимальной сапротрофная экосистема.

Восьмой уровень. Загрязнение 150–300 г. Субстрат вновь становится весьма токсичным. Численность сапротитов и нефтеокисляющих микроорганизмов ниже фонового уровня. Угнетенная сапротрофная экосистема.

Девятый уровень. Загрязнение более 300 г. Активность микроорганизмов практически отсутствует. Растения не могут развиваться. Токсичный субстрат. Обычно низкий уровень бенз(а)пирена. Абиогенный субстрат.

Выделение уровней техногенного воздействия при загрязнении нефтью позволяет определить основные смены состояния экосистемы при трансформации. На рис.4 показана принципиальная схема техногенной трансформации.

При поступлении нефти в фоновую зональную экосистему ( $\mathcal{E}_0$ ) в зависимости от количества поллютанта она может деградировать до оптимальной автотрофной экосистемы ( $\mathcal{E}_1$ ), угнетенной автотрофной ( $\mathcal{E}_2$ ), неравновесной сапротрофной ( $\mathcal{E}_3$ ), равновесной оптимальной сапротрофной ( $\mathcal{E}_4$ ), неравновесной сапротрофной ( $\mathcal{E}_5$ ), угнетенной сапротрофной ( $\mathcal{E}_6$ ).

Изменение водно-физических свойств биотопа от зональной нормы до экстремальных параметров способствует капиллярному, поверхностному его переувлажнению, а при больших величинах пропитывания грунта нефтью создает засушливые условия. Поэтому экосистема может восстанавливаться по зональному ряду ( $\mathcal{E}_6 - \mathcal{E}_0$ ) и азональному (до  $\mathcal{E}_{a1} - \mathcal{E}_{a2}$ ), при этом вероятность перехода в азональный тренд восстановления возрастает с увеличением концентрации нефтепродуктов и их аккумуляцией в субстрате по мере перехода в переувлажненный режим ( $\mathcal{E}_2$  и далее).

По степени изменения компонентов биоты могут выделяться основные состояния: автотрофная, гетеротрофная, сапротрофная и абиогенная фазы трансформации, которые определяются в зависимости от мощности, специфики источника техногенного воздействия и устойчивости автотрофных, гетеротрофных и сапротрофных элементов.

При незначительном воздействии, не превышающем пределы устойчивости растений, сохраняется автотрофная экосистема, но вместе с тем незначительно активизируется деятельность микроорганизмов (возможно, и гетеротрофов-консументов).

Если техногенное воздействие превышает устойчивость фотосинтезирующих организмов, возникает сапротрофная экосистема. Сапротрофы существуют за счет техногенного потока вещества.

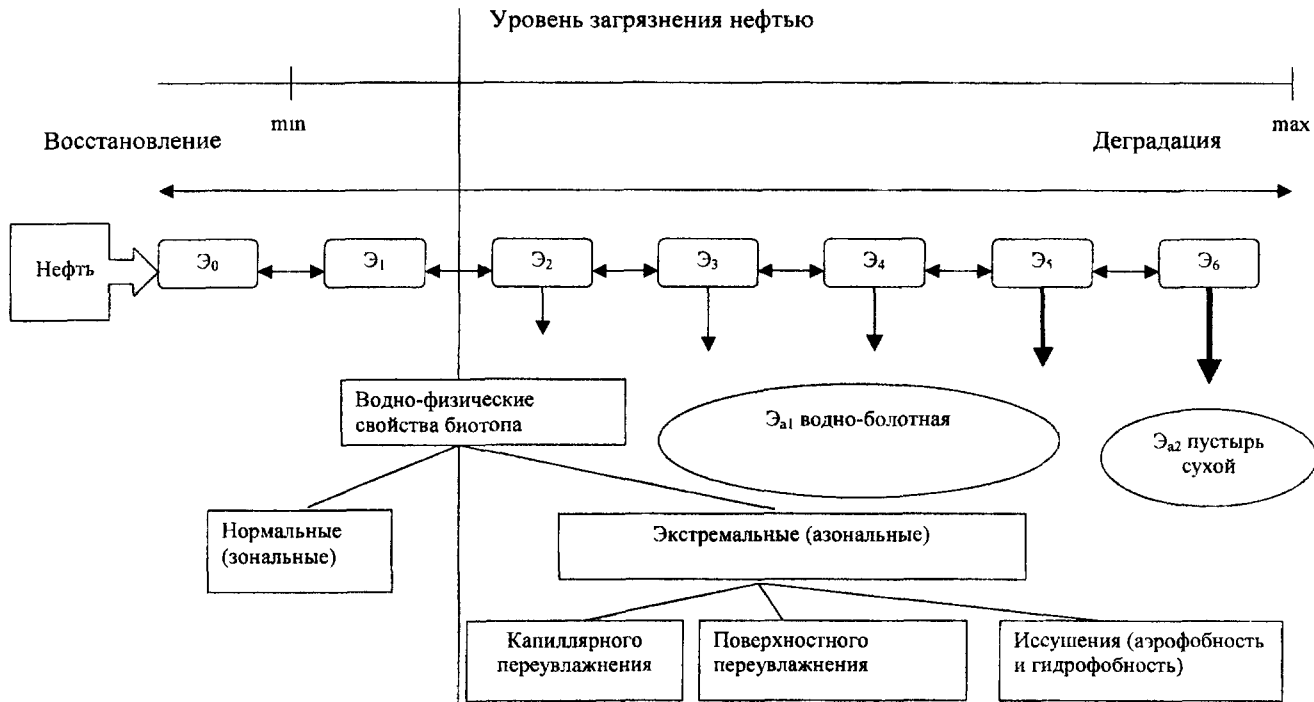


Рис.4. Схема техногенной трансформации наземной экосистемы при загрязнении нефтью

Абиогенная стадия характеризуется тем, что жизнедеятельность растений, сапротрофов-редуцентов в результате поступления техногенного или изъятия природного вещества невозможна. Биотическое сообщество экосистемы полностью разрушено. Идут процессы восстановления среды обитания за счет влияния внешних: соседних и занимающих более высокие иерархические уровни экосистем.

Итоги экспериментов позволяют определить основные состояния биотического компонента при техногенном воздействии (рис.5.).

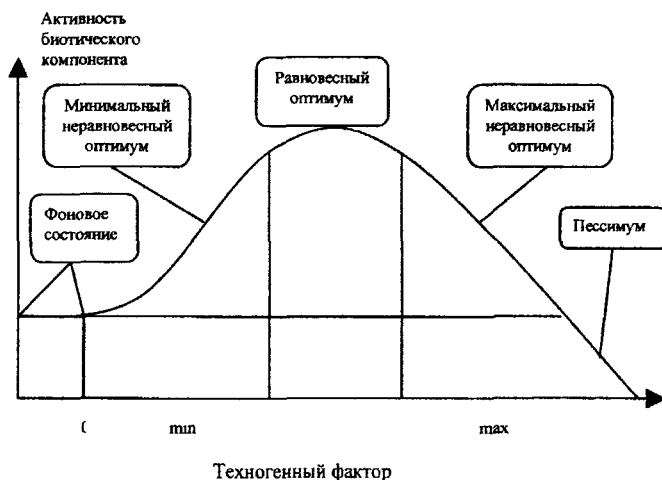


Рис.5. Схема основных состояний биотического компонента при техногенном воздействии

Техногенный фактор предусматривает изъятие, внесение какого-либо вещества, доступность или не доступность энергии, но он изменяется от фонового состояния до максимального значения. В отсутствии воздействия биота находится в фоновом состоянии. Техногенный фактор в зависимости от величины может быть оптимальным и пессимальным, в целом он увеличивает экстремальность условий существования (биотопа) биоты. Оптимальные значения могут быть как минимальными, так и максимальными. Пессимальные же наблюдаются только при максимальной величине техногенного фактора. Кроме того, существует состояние равновесного оптимума, т.е. состояние, при

котором изменение воздействия фактора несущественно влияет на биотический компонент.

Полученные результаты позволяют расширить рамки действия закона толерантности Шелфорда до уровней биотических компонентов и экосистемы в целом. В прикладном плане реакция биоты на техногенный фактор дает объективное обоснование разработки и введения экологических нормативов.

Данные экспериментов по биотестированию дали возможность построить эмпирическую математическую модель, описывающую зависимость веса растений пшеницы и количества выделенного углекислого газа от величины остаточного содержания нефтепродуктов в почве:

$$Y = \frac{Y_{\max}}{1 + V \cdot \left| \frac{X_{\max} - X}{X_{\text{end}} - X} \right|^n}, \quad (1)$$

где  $Y$  — вес растений, либо количество выделенного углекислого газа при содержании остаточных нефтепродуктов в почве, равном  $X$ ;

$Y_{\max}$  — максимальное значение параметра  $Y$ ;

$X_{\max}$  — значение параметра  $X$ , соответствующее значению  $Y = Y_{\max}$ ;

$X_{\text{end}}$  — значение параметра  $X$ , соответствующее значению  $Y = Y_{\text{end}} = 0$ ;

$X_{\text{фон}}$  — фоновое (исходное) содержание нефтепродуктов в почве;

$Y_{\text{фон}}$  — фоновый (контрольный) вес растений, либо  $\text{CO}_2$  при  $X = X_{\text{фон}}$ ;

$n$  — показатель степени, влияющий на форму кривой  $Y(X)$ ;

$V$  — параметр, характеризующий скорость снижения кривой  $Y(X)$ .

Биотестирование влияния нефтепродуктов на региональные почвенные экосистемы показывает, что, несмотря на некоторые компонентные различия загрязнителя, почвы подзоны южной тайги (сильно-, и среднеподзолистые) менее устойчивы к действию токсиканта, чем почвы подзоны широколиственно-хвойных лесов (дерновослабо-, и среднеподзолистые). Устойчивость экосистем к нефтяному загрязнению зависит от их ландшафтно-биогеографического положения.

Выделенные нами уровни воздействия описывают наиболее существенные последствия изменений в наземных экосистемах. Один

вид растения менее приспособлен к поступлению нефтепродуктов, чем сообщество микроорганизмов, которое положительно реагирует на более значительное количество органического вещества.

Основные состояния биотического компонента под техногенным воздействием дают экологическую оценку загрязнения, определяют основные направления деятельности по восстановлению экосистем. Предложенная математическая модель позволяет интерполировать опытные данные на природные ситуации, может быть использована для географического прогноза потенциала устойчивости наземных экосистем региона.

## **5. ТРАНСФОРМАЦИЯ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ТЕРРИТОРИИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВ**

Исследования состояния атмосферного воздуха, водных объектов, техногенных потоков веществ, почвенного покрова, растительности и животного и микробного населения позволили выделить основные природно-техногенные экосистемы (ПТЭ), формирующиеся на территории эксплуатируемых месторождений нефти. Рассмотрение вопросов формирования и функционирования ПТЭ предполагает определение внешних факторов, направления потоков вещества, изменений биотопа, ответных реакций биотических компонентов, влияния трансформированных экосистем на окружающую их природную среду.

Формирование природно-техногенных экосистем определяется количеством поступивших техногенных веществ при эксплуатации месторождения нефти и особенностями их миграции, аккумуляции и разрушения в данных природных условиях (рис.6).

Движущей силой, формирующей ПТЭ являются техногенные факторы. Согласно причин их появления и учета ПТЭ необходимо классифицировать как предусмотренные технологией добычи природного ресурса, обусловленные технологией и аварийные.

Предусмотренные современной технологией, учитываются при размещении нефтепромыслов, поступление в атмосферный воздух выбросов вредных веществ и механическое воздействие, а также наличие пищевых отходов.

Обусловлены технологией, постоянно присутствуют при эксплуатации утечки техногенной жидкости с площадок нефтепромысловых объектов, поступления с поверхностным и грунтовым стоком в природные водотоки, загрязнение подземных вод вследствие не герметичности в целом процесса добычи нефти и последующее поступление в наземные водотоки и экосистемы.

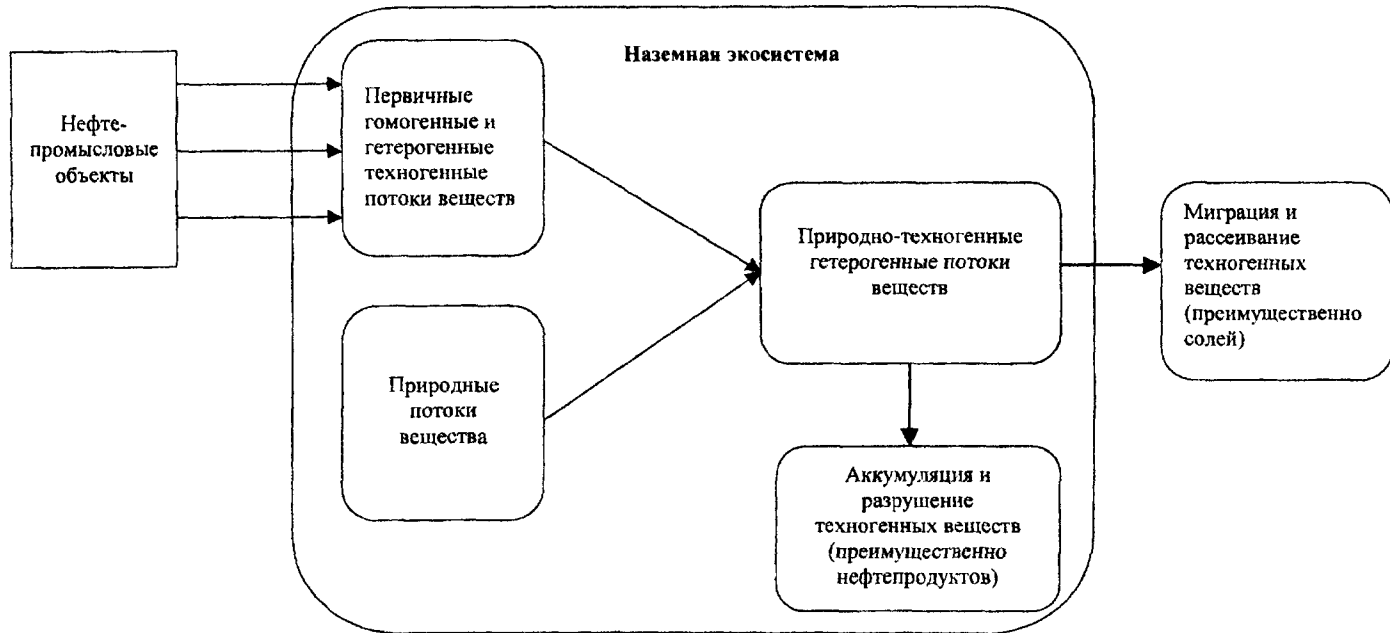


Рис.6. Обобщенная схема перераспределения (дифференциации) техногенных веществ в наземной экосистеме

Аварийные отказы герметичности трубопроводов (нефтяных и водных) приводят к поступлению нефтесодержащей и солесодержащей жидкости в наземные экосистемы, загрязнению поверхностных, почвенных и грунтовых вод.

Первичные техногенные потоки могут быть как гомогенные (нефтяные или соленые воды), так и гетерогенные (нефтесолесодержащие жидкости).

Нефть и нефтепродукты способны аккумулироваться в отрицательных формах рельефа как естественного, так и техногенного происхождения. Разрушение нефтепродуктов сопровождается образованием бенз(а)пирена.

Соли, как правило, в условиях промывного режима в Пермской области, преимущественно мигрируют в водных потоках и их стабильное высокое содержание возможно лишь при постоянном поступлении в почвенный покров вместе с водотоком. Поэтому на выходе из наземных ПТЭ, как правило, определяется значительное количество солей в водотоках.

В соответствии со свойствами первичных поллютантов и принимающих биотопов происходит их дифференциация, пространственно-временное перераспределение в наземных экосистемах. Водорастворимые соли мигрируют преимущественно в водотоках, а нефтепродукты обычно аккумулируются, атмосферные загрязнения рассеиваются. Поэтому ПТЭ, возникающие при солевом загрязнении, могут существовать при разовом (аварийном) поступлении техногенных соединений краткий период времени. Постоянное содержание солей в экосистемах обеспечено постоянным транзитом техногенных потоков. Атмосферные загрязнители легко рассеиваются и существование трансформированных экосистем тем не менее обусловлено их постоянным поступлением. В результате поступления, миграции, аккумуляции и разрушения техногенных соединений в природно-техногенных потоках формируются элементарные ПТЭ. По значению основных техногенных факторов, состоянию биотопа и биотических компонентов на территории эксплуатируемых месторождений в типологии ПТЭ определяется 11 их видов (рис.7).

Миграция с площадок нефтепромысловых объектов и последующая аккумуляция нефтепродуктов из техногенных и природно-техногенных потоков веществ (поверхностного и грунтового стоков) вызывают формирование в непосредственной близости от площадок нефтепромысловых объектов локальных ПТЭ, которые характеризуются высокой концентрацией техногенной органики.

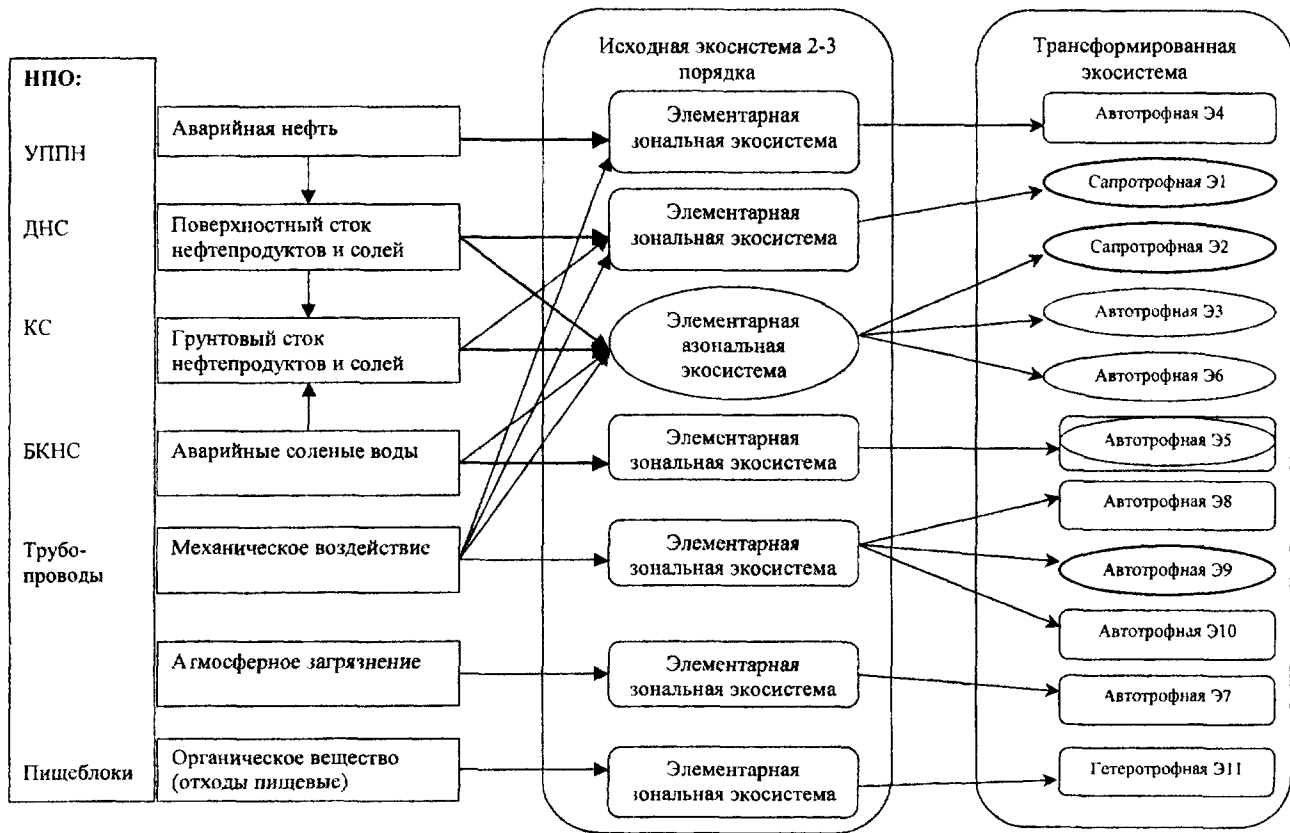


Рис.7. Техногенная трансформация наземных экосистем на территории эксплуатируемых месторождений нефти

Первоначально плакорный зональный биотоп трансформируется в азональный переувлажненный, местами и периодически иссушенный, вероятно, периодически засоленный. Эвтрофикация нефтепродуктами способствует активизации нефтеокисляющих микроорганизмов, которые находятся в состоянии от равновесного до максимального неравновесного оптимума. Редуценты разрушают нефтепродукты в почвенном субстрате, накапливается бенз(а)пирен, биотоп приобретает свойства токсичности.

Водорастворимые соли, водорастворимые нефтепродукты и токсичные продукты их метаболизма мигрируют с грунтовым стоком. Автотрофный компонент представлен практически моновидовым сообществом гидрофита - рогоза широколистного (*Typha latifolia* L.). Под влиянием утечек в основном с поверхностным стоком первичных гомогенных и гетерогенных техногенных потоков около нефтепромысловых объектов типично формирование аккумуляционных, азональных, сапротрофных экосистем.

Близкие по структуре и происходящим природно-техногенным процессам экосистемы формируются в дренах временных водотоков. Послеаварийная миграция нефти и нефтепродуктов с поверхностными и грунтовыми водами обуславливает создание на временных и малых водотоках для предотвращения попадания водонефтяных эмульсий в крупные реки «нефтеловушек», дамб, барьеров. В результате формируются аккумуляционные ПТЭ, которые характеризуются высоким содержанием нефтепродуктов, образованием бенз(а)пирена, субстрат становится токсичным. Водорастворимые соли и нефтепродукты мигрируют с поверхностным стоком из таких ПТЭ, а малорастворимые и нерастворимые формы нефтепродуктов депонируются. Состояние редуцентов - от конечных стадий минимального неравновесного оптимума до равновесного оптимума. Автотрофный компонент состоит из гидрофитов. Под влиянием поверхностного и грунтового стоков, гетерогенных природно-техногенных потоков и вследствие механического воздействия в дренах временных водотоков типично формирование аккумуляционных, азональных, сапротрофных экосистем.

Нефтепродукты мигрируя дальше, поступают в постоянные водотоки. Очевидно, в периоды весеннего половодья, летних и осенних дождевых паводков попадает техногенная органика в пойменные почвы. Наличие нефтепродуктов обуславливает несколько повышенную активность сапротрофов (начальная стадия

неравновесного оптимума). Растительный компонент наземной экосистемы сохраняет основные признаки фонового состояния.

Ликвидация последствий аварийного разлива углеводородов из нефтепроводов заключается в максимальном сборе жидких фракций и загрязненных грунтов, что приводит к уничтожению биогеоценологического покрова. Восстановление наземной экосистемы начинается с абиогенной фазы с последующим развитием растительности. Солнечная энергия, единственный доступный ресурс, обуславливает последовательное формирование автотрофных пионерных группировок растительности, лугов, вторичных лесов и соответствующего им животного населения. По мере накопления органических веществ в почве формируется и сапротрофный комплекс.

Техногенный галогенез считается одним из ведущих, а возможно, и основным геохимическим процессом на территории эксплуатируемых месторождений (Солнцева, 1998). Значительное количество атмосферных осадков обеспечивает промывной режим почв и транзит солей из наземных экосистем. При аварии трубопроводов, содержащих промысловые соленые воды, происходит полная гибель растительности, затем в течение 3-4 лет развивается пионерное сообщество растений-галофитов, потом наступает стадия рудеральных группировок. Азональные условия биотопа существуют достаточно краткий период, природные факторы обеспечивают восстановление деградированной экосистемы по зональному ряду.

В результате постоянного транзита соледержащих вод в пойменных почвах долины рек 1-2-го порядка достаточно часто наблюдается засоление. Поскольку древесная растительность находится в пессимальных условиях, иногда она вымирает. Формируется типичное для переувлажненных биотопов сообщество травяных растений-гидрофитов.

В соответствии с мощностью выбросов веществ в атмосферу вокруг УППН формируется район повышенного загрязнения воздуха, около кустов скважин это достаточно редкое явление, ДНС занимает промежуточное положение как источник загрязнения. Древесные растения и, прежде всего, хвойные находятся в состоянии пессимума и максимального неравновесного оптимума. Особенно эти явления выражены в экотонных и инсультризованных участках, где колебания воздействия и техногенных, и природных факторов наиболее существенны. Отмечается активизация нефтеокисляющих бактерий (минимальный неравновесный оптимум), утилизирующих осаждающие углеводороды, и активизация сапротрофов,

утилизирующих дополнительную отмершую органику, поступающую от древесной растительности. Почвенный покров сохраняет типичные зональные черты благодаря деструкции микроорганизмами природной и техногенной органики. ПТЭ сохраняет основной структурно-функциональный состав зональной наземной экосистемы.

Механическое воздействие для обеспечения функционирования нефтепромысловых объектов может быть периодическим, практически постоянным. ПТЭ при периодическом прямом уничтожении биогеоценологического покрова находится в состоянии восстановительной трансформации. Растительность может формироваться до стадии мелколиственных лесов, затем для обеспечения работы нефтепромысла уничтожается. Если ведется сенокосение, восстановление устанавливается на стадии лугов. При создании отрицательных форм рельефа создаются биотопы с переувлажненными условиями существования (азональными), где развиваются гидрофитные сообщества растений.

Непосредственно на нефтепромысловых площадках, как правило, восстановление достигает только первоначальной стадии рудеральных пионерных группировок. Это упрощенные экосистемы, вследствие отсутствия условий существования для микроорганизмов-редуцентов, которые техногенное механическое воздействие при эксплуатации месторождения постоянно или периодически возвращает на абиогенную стадию.

Постоянное наличие органических веществ (пищевых отходов) и особый микроклиматический режим в пищеблоках несмотря на периодические дератизации позволяют существовать населению синантропных грызунов. Это разрешает рассматривать данный биотоп и животных, микробное сообщество как упрощенную антропогенную гетеротрофную экосистему.

ПТЭ могут охватывать пространство от части элементарной экосистемы до водосбора 1-го порядка. В целом наземные экосистемы 2-3-го порядка, как свидетельствуют данные, полученные о составе водных микробиологических проб, животном населении и растительности, находятся в минимальном неравновесном оптимуме и фоновом состоянии.

Трансформацию можно описать как процесс увеличения доли элементарных экосистем с экстремальными свойствами биотопов и упрощения биотической составляющей преобразованных наземных экосистем.

Механическое воздействие, появление пищевых отходов, которые обычны для практически любого антропогенного влияния,

сопровожаются формированием типичных для этих воздействий ПТЭ.

Специфическое воздействие нефтепромыслов выражается в поступлении аварийной нефти, аварийных соленых вод, поверхностного и грунтового стока, содержащих соли и нефтепродукты с площадок нефтяных объектов, атмосферных загрязнений (с высокой концентрацией углеводородов) в окружающие наземные экосистемы, что вызывает их деградацию, которая проявляется в формировании ПТЭ с азональными биотопами, активизацией деятельности биоты по использованию дополнительного трофического ресурса.

В зависимости от качества органического вещества (доступности для организмов) формируются гетеротрофные или сапротрофные экосистемы, при полном его отсутствии — автотрофные упрощенные (без гетеротрофов и сапротрофов). Видовое и экологическое разнообразие форм растений позволяет восстанавливаться автотрофному компоненту практически на любом техногенном субстрате (засоленном, лишенном природной органики, с высоким содержанием техногенной органики, переувлажненном), что обусловлено в значительной мере повсеместной доступностью солнечной энергии.

Существенная трансформация свойств биотопа при накоплении нефтепродуктов приводит к формированию азональных местообитаний, где в условиях эвтрофикации происходит восстановление с активизацией сапротрофного компонента.

Движущей силой процесса трансформации (рис.8) выступает техногенное воздействие. Потоки нефти, соленых вод ( $F_1$ ,  $F_2$ ) воздействуют непосредственно (прямо) на биотоп и биоту. В измененном под влиянием взаимодействия биоты и биотопа ( $E$ ) виде ( $F_3$ ,  $F_4$ ) и формируется трансформированная природно-техногенная экосистема, среда на выходе ( $F_5$ ) которой обладает свойствами, отличными от первичного потока вещества. Взаимодействие ( $E$ ) трансформированной биоты и биотопа определяет формирование новых свойств природно-техногенной экосистемы.

Например, при поступлении нефти в биотоп, изменяются в сторону экстремальности его свойства, активизируются процессы разрушения органики нефтеокисляющими микроорганизмами. В результате образуются более токсичные, чем первичная нефть, продукты метаболизма, в том числе канцероген бенз(а)пирен. Соли, поступающие с водными потоками, в результате взаимодействия с наземной экосистемой становятся менее токсичными. Прямое

воздействие атмосферных загрязнителей на растения, вызывающее сокращение продолжительности жизни хвои, некрозы, приводит к дополнительному поступлению органики в почвенный покров и активизирует сапротитные микроорганизмы.

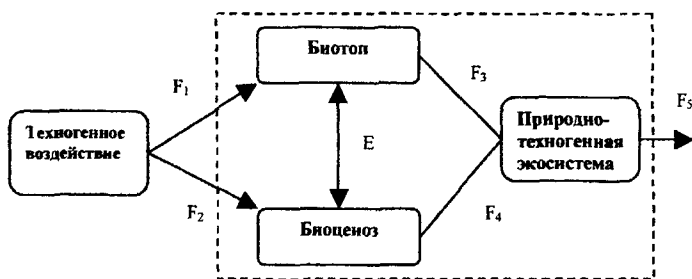


Рис.8. Схема природно-техногенного процесса трансформации экосистемы, где

$F_1, F_2$  - прямое воздействие техногенного фактора;  $F_3, F_4$  - природно-техногенные, измененные свойства биотопа и биоты;  $F_5$  - природно-техногенный поток веществ на выходе экосистемы;

$E$  - взаимодействие биоты и биотопа

С геоэкологических позиций для оптимизации условий сосуществования хозяйственной деятельности и окружающей среды, обеспечения благоприятных условий существования человека, восстановления исходной или более продуктивной природной среды наибольшую опасность представляют аккумуляционные сапротрофные аazonальные наземные экосистемы. Биотопы таких ПТЭ, в результате процессов ассимиляции избыточной техногенной органики, отличаются высокой канцерогенностью и токсичностью по отношению к окружающим наземным экосистемам. Высока вероятность в первом случае загрязнения бенз(а)пиреном и токсичными мигрантами грунтовых вод, во втором также поверхностных вод, пойменных экосистем.

Разработанная нами методология исследований позволила определить закономерности техногенной трансформации наземных экосистем региона.

#### 1. Структурно-функциональные

Воздействие техногенных факторов при эксплуатации месторождений нефти обуславливает смену состояний наземных

экосистем деградационного и восстановительного направлений, зонального и азонального характера.

1.1. Свойства биотопа с увеличением воздействия техногенного фактора изменяются от зональной нормы к экстремальным (азональным) параметрам. Трансформация экосистемы происходит по зональному ряду (относительно обратимое состояние) и азональному (необратимое состояние), при этом вероятность перехода в азональный тренд восстановления возрастает с ростом величины техногенного фактора.

1.2. С увеличением техногенной нагрузки, определяющей соответствующие изменения биотопа, биотический компонент последовательно достигает состояния техногенного неравновесного минимального оптимума, равновесного оптимума, неравновесного максимального оптимума, пессимального состояния и репрессии.

1.3. В соответствии с технологией нефтедобычи, свойствами первичных загрязнителей и принимающих биотопов происходит дифференциация, пространственно-временное перераспределение поллютантов в наземных экосистемах. В результате взаимодействия техногенных нефтепродуктов, биотопа и биоценоза формируется природно-техногенная экосистема, обладающая канцерогенными свойствами.

1.4. Техногенные факторы, изменяя состояние биотопа и биотических компонентов на территории месторождений, обуславливают формирование азональных, зональных, упрощенных автотрофных, гетеротрофных и сапротрофных экосистем.

## 2. Пространственно-иерархические

Степень деградации экосистемы зависит от ее положения в пространственной иерархии и мощности техногенного воздействия.

2.1. Изменение фитомассы, возраста, продуктивности, гетеротрофной емкости и разнообразия существенно для элементарных экосистем и экосистем первого порядка.

2.2. Изменение качества круговорота веществ в результате поступления техногенных поллютантов может быть существенным до уровня экосистем третьего порядка.

2.3. При значительном техногенном воздействии формируются упрощенные элементарные природно-техногенные экосистемы.

## 3. Ландшафтно-биогеографические

Особенности природно-техногенной трансформации определяются ландшафтно-биогеографическим рядом: средняя тайга - южная тайга - широколиственно-хвойные леса - Кунгурская лесостепь.

3.1. Возможность перехода в азональный тренд восстановления при поступлении нефтепродуктов уменьшается.

3.2. Возможность образования канцерогенных свойств биотопа при поступлении нефтепродуктов увеличивается.

3.3. Длительность послеварийного засоления биотопа увеличивается.

3.4. Вероятность формирования азональных биотопов под влиянием механического воздействия уменьшается.

3.5. Толерантность биоты к техногенному воздействию увеличивается.

## **6. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Полученные нами закономерности трансформации наземных экосистем обеспечивают решение задач по формированию экологической политики нефтедобывающих предприятий, организации комплексного природопользования, ускорению рекультивации нефтезагрязненных земель и утилизацию отходов (рис.9).

Важнейшим аспектом природоохранной деятельности считается пространственно-временная дифференциация наземных экосистем в зависимости от их устойчивости к техногенной нагрузке. Для оптимизации экологической ситуации следует выделить не менее двух временных категорий природоохранных нормативов - текущих и перспективных, преемственность которых позволит улучшить природоохранную деятельность.

Для стимулирования работы по предотвращению ущерба сельскому и лесному хозяйствам на новых территориях и нормализации экологической ситуации в старых районах нефтедобычи по более объективным критериям первоочередным этапом является введение нормативов: ПДВ на основе ПДК для растительности и ПДС.

Следует отметить, что при современной технологии совершенно неизбежно поступление определенного количества загрязняющих веществ в окружающие природные комплексы от первичных и вторичных техногенных источников при разработке нефтяного месторождения. Ведение нефтедобычи требует целенаправленного формирования управляемых ПТЭ с заданными параметрами.



Рис.9. Прикладные аспекты закономерностей техногенной трансформации наземных экосистем

Регулирование ПТЭ должно базироваться на способности естественных природных комплексов к самовосстановлению, но при этом необходимо корректировать ход деградации нефтепродуктов и воспроизводство природной среды для избежания поступления токсикантов. Основные типы управляемых ПТЭ должны соответствовать природным районам Пермской области - средней, южной тайге, хвойно-широколиственным лесам, Кунгурской лесостепи, а также основным типам интразональных комплексов - болотному, пойменному. В географическом отношении природоохранная деятельность дифференцируется в соответствии со способностью биоты восстанавливаться или оставаться в исходном состоянии под воздействием нефтепромысловой нагрузки на территорию.

Биотический комплекс средней тайги практически не изменился под влиянием сложившегося характера природопользования. Основным направлением природоохранной деятельности на территории нефтяного месторождения должно быть сохранение автохтонных сообществ, а также создание условий в санитарно-защитных зонах нефтепромысловых объектов для формирования устойчивых управляемых ПТЭ (на основе исходных природных комплексов), регулирование загрязнения воздуха (по нормативам предельно-допустимой нагрузки для растительности).

Биотические комплексы южной тайги изменились вследствие постоянной антропогенной нагрузки, сохранив в преимущественно специфические широтно-географические черты. Трансформация определяется значительными восстановительными способностями и малой резистентностью сообществ. Направление природоохранной деятельности - сохранение автохтонных сообществ, формирование на участках существенного воздействия нефтепромысловых объектов устойчивых управляемых ПТЭ.

Широколиственно-хвойные леса и Кунгурская лесостепь преобразованы в результате сельскохозяйственного использования территории. Биотическим сообществам, вследствие процесса синантропизации, свойственны упрощенная структура, высокая резистентность по отношению к нефтепромысловому воздействию и значительные восстановительные способности. Основное направление природоохранной деятельности - восстановление нарушенных природных комплексов.

Наши представления об основных направлениях природоохранной деятельности позволяют сформировать стратегию

сохранения и восстановления биоты на территории месторождений, учитывая основные особенности трансформации сообществ.

Пермская область обладает уникальным природным потенциалом. Насчитывается 412 ООПТ различного статуса и категории, которые занимают более 1,1 млн. га, что составляет около 9% площади региона.

Развитие базы углеводородного сырья Пермской области направлено на освоение запасов уже открытых месторождений. Стабилизация и увеличение добычи нефти могут быть достигнуты за счет ввода в разработку месторождений нефти, расположенных на различных территориях с особыми условиями природопользования.

Освоение нефтяных месторождений в границах заказников, охраняемых ландшафтов должно осуществляться на основе функционального мезо-, микро- зонирования территории, специальных проектных решений, обеспечивающих применение современной техники и технологий разработки нефтяных залежей.

Необходимость выполнения работ, связанных с нефтесодержащими грунтами и почвами, возникает при рекультивации земель, утилизации отходов. С природоохранной позиции нужно выделять несколько уровней загрязнения остаточными нефтепродуктами и применять различные подходы к восстановлению земель в зависимости от характера их использования. На сельскохозяйственных угодьях, которые являются деградированными и активно управляемыми экосистемами, восстановление проводится, как правило, рекультивацией, на лесных - за счет более «мягкого» регулирования разрушения поллютанта.

Утилизация нефтешламов осуществляется с учетом содержания загрязнителя в грунтах, наиболее эффективно управляется биodeградация нефти при равновесном оптимуме (концентрации 14-22 г нефтепродуктов на кг грунта).

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В диссертации разработана и применена геоэкологическая методология изучения техногенной трансформации наземных экосистем при эксплуатации месторождений нефти. Проведенные исследования направлены на решение крупной научной проблемы охраны окружающей среды в местах нефтедобычи, которая имеет важное социально-экономическое и природоохранное значения.

- Трансформация наземных экосистем при эксплуатации месторождений нефти – последовательная и цикличная смена их состояний деградационного и восстановительного направления,

который имеет обратимый (зональный) и необратимый (азональный) характер, возникающая в результате взаимодействия загрязнителей, биотопа и биотических компонентов, обусловленная постоянным и/или периодическим воздействием техногенных факторов.

- Методология исследования техногенной трансформации базируется на экосистемном подходе. Исходя из положений ландшафтно-биогеографической, водосборной организации природной среды, структурно-функциональной взаимосвязи основных компонентов экосистем были определены направление, состояние, обратимость и масштабы природно-техногенных процессов.

Изучение трансформации наземных экосистем основано на разработке и применении единого комплекса сбора и анализа информации о состоянии природной среды, включающего в себя методы и методики слежения за распространением техногенных воздействий, изменением биотопа, автотрофов, гетеротрофов и сапротрофов с учетом особенностей пространственно-иерархической организации территории.

- По ландшафтно-биогеографическим особенностям региона, биогеохимическим аспектам техногенного воздействия на территории Пермского Предуралья выделены районы со специфическим протеканием трансформации: средняя тайга, южная тайга, Кунгурская лесостепь, широколиственно-хвойные леса.

- Экспериментально доказано, что водно-физические свойства биотопа с увеличением техногенного фактора изменяются от зональной нормы к экстремальным условиям, которые выражаются в капиллярном, поверхностном переувлажнении; при больших величинах пропитывания грунта нефтью создаются засушливые условия. Трансформация экосистемы может происходить по зональному ряду (обратимое восстановление) и аazonальному (необратимое). Вероятность перехода в аazonальный ряд восстановления возрастает с увеличением концентрации нефтепродуктов и их аккумуляцией в субстрате после перехода в переувлажненный режим. Основные трансформации биотопа: зональная – аazonальная – абиогенная.

В зависимости от величины нагрузки и соответствующего изменения биотопа биотический компонент проходит техногенные состояния неравновесного минимального оптимума, равновесного оптимума, неравновесного максимального оптимума, пессимума и репрессии.

- Анализ результатов полевых исследований показывает, что в соответствии с технологией нефтедобычи, свойствами первичных загрязнителей и принимающих их биотопов происходит дифференциация поллютантов, пространственно-временное их перераспределение в наземных экосистемах. Водорастворимые соли обычно мигрируют в водотоках, а нефтепродукты преимущественно аккумулируются, атмосферные загрязнения рассеиваются.

Восстановительная трансформация растительности выражается в развитии синантропных, гидрофильных, галофитных группировок. Деградация древостоя определена в экотонных и инсультризованных местообитаниях.

Таежный териокомплекс на территории месторождений находится в пессимальных условиях, наблюдается элиминация ряда видов. Формируются лесолуговой, луговой, полевой, синантропный териокомплексы. Изменения морфофизиологических показателей рыжей полевки, фенетических показателей (дистанция и флуктуирующая асимметрия) указывают на обратимые изменения группировок рыжей полевки.

Миграция, аккумуляция, разрушение органического вещества, развитие нефтеокисляющей группы микроорганизмов, отмечаемые на территории промыслов, позволяют считать одним из ведущих процессов техногенную эвтрофикацию элементарных экосистем.

В результате поступления, миграции, аккумуляции и разрушения техногенных соединений в природно-техногенных потоках формируются природно-техногенные экосистемы. Соответственно техногенным факторам, состоянию биотопа и биотических компонентов выделяются азональные, зональные, упрощенные автотрофные, сапротрофные и гетеротрофные экосистемы.

Пространственно иерархическая структура наземных экосистем на территории эксплуатируемых месторождений нефти состоит из элементарных экосистем – экосистем (водосборных бассейнов) 1-го порядка – экосистем 2-го порядка – экосистем 3-го порядка. Изменение фитомассы, возраста, продуктивности, гетеротрофной емкости и разнообразия существенно для экосистем первого порядка и элементарных. Изменение качества круговорота веществ в результате поступления техногенных солей существенно изменяется от экосистем первого порядка до третьего.

Разработанная типология природно-техногенных экосистем отражает закономерности трансформации природной среды на территории эксплуатируемых месторождений нефти.

С геоэкологических позиций оптимизации условий сосуществования хозяйственной деятельности и окружающей среды, обеспечения благоприятных условий существования человека, восстановления исходной или более продуктивной природной среды наибольшую опасность представляют аккумуляционные сапротрофные азональные наземные экосистемы. Биотопы данных природно-техногенных экосистем, в результате процессов ассимиляции избыточных нефтепродуктов, отличаются высокой канцерогенностью и токсичностью по отношению к окружающим наземным экосистемам.

Результаты апробирования методологии на примере территорий нефтедобывающих предприятий подтвердили возможность ее применения для изучения трансформации и управления природной средой под воздействием техногенных факторов.

- Обнаруженные закономерности трансформации наземных экосистем позволяют решить задачи по формированию территориальных аспектов экологической политики нефтедобывающих предприятий, организации комплексного природопользования, оптимизации рекультивации нефтезагрязненных земель и утилизации отходов.

Направления природоохранной деятельности необходимо дифференцировать в соответствии с ландшафтно-биогеографическими особенностями территории. Пространственные характеристики регулируемой техногенной трансформации природной среды позволяют осуществлять комплексное природопользование.

Современная нефтедобыча должна сопровождаться целенаправленным формированием управляемых природно-техногенных экосистем с регулируемыми параметрами и более высокой устойчивостью по отношению к комплексу техногенного нефтепромыслового воздействия.

#### СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1 Бузмаков С А , Костарев С М Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области Пермь Перм ун-т, 2003 171с

2 Бузмаков С А , Башин Г П Предельно допустимое содержание нефтепродуктов в почвенных экосистемах Пермской области// Известия вузов Нефть и газ 2004 №2 С 91-96

3 Бузмаков С А , Костарев С М , Чайкин С А Научное обоснование проектирования и эксплуатации нефтяных месторождений в границах особо охраняемых природных территорий (на примере районов нефтедобычи Пермской области)// Известия вузов Нефть и газ 2004 №3 С 14-23

- 4 Бузмаков С А , Костарев С М Трансформация геосистем в районах нефтедобычи // Известия вузов Нефть и газ 2004 №5 С 124-131
- 5 Бузмаков С А , Башин Г П Метод оценки воздействия остаточных нефтепродуктов на почву// География и природные ресурсы 2004 №2 С 119-122
- 6 Воронов Г А , Бузмаков С А , Пьянков С В , Циберкин Н Г , Стенно С П , Соболева Е Б Региональная модель оптимизации структуры природопользования Западного Предуралья // География и охрана окружающей среды М ГЕОС, 2000 С 147-156
- 7 Бузмаков С А , Башин Г П , Воронов Г А О моделировании влияния нефтепродуктов на почву (по результатам биотестирования) // География и окружающая среда. СПб Наука, 2003 С 34-37
- 8 Бузмаков С А , Воронов Г А , Симонов Г А Охрана природы // География Коми-Пермяцкого автономного округа Пермь Пермская книга 1992 С 114-130
- 9 Бузмаков С А Географическая изменчивость морфофизиологических и фенетических показателей под влиянием техногенных загрязнений // Материалы VI совещания «Вид и его продуктивность в ареале» СПб Гидрометеоздат 1993 С 39
- 10 Бузмаков С А , Воронов Г А Влияние нефтепромысловых загрязнений на популяции мелких млекопитающих// Загрязнение окружающей среды Проблемы токсикологии и эпидемиологии тез докл межд конф М , Пермь, 1993 г С 13-14
- 11 Бузмаков С А , Ладыгин И В К влиянию нефтепромыслов на растительный и животный мир Камского Предуралья // Геоэкологические аспекты хозяйствования, здоровья и отдыха Тез докл межгос конф Пермь Перм ун-т, 1993 Ч I С 201-205
- 12 Бузмаков С А , Костарев С М , Ладыгин И В Изучение техногенного воздействия нефтепромысловых объектов на растительный и животный мир // Геология и минеральные ресурсы тез докл науч конф Пермь Перм ун-т, 1993 С 65
- 13 Бузмаков С А Возможность оценки качества природной среды феногенетическими методами // Природные ресурсы Западно-Уральского Нечерноземья, их рациональное использование и охрана. Мсжвуз сб научн трудов Пермь 1995 С 18-23
- 14 Бузмаков С А Морфофизиологические изменения популяций рыжей полевки на территории нефтяных месторождений // Экология и охрана окружающей среды тез докл 2-й Межд науч-практ конф Ч 2 Морфофизиологические адаптации организмов, популяций, видов ПГПУ, Пермь 1995 С 21-22
- 15 Бузмаков С А , Воронов Г А К оптимизации структуры природопользования Западного Предуралья // Регион и география тез докл науч-практ конф Пермь Перм ун-т, 1995 С 118-119
- 16 Kostarev S , Buzmakov S Investigation of atmosphere, hydrosphere and biosphere pollution the territory of the Western Ural oil production facilities // Environmental pollution (ICFP'95) and Neuroimmunointeractions and environment (ICONE'95) St Petersburg 1995 P 28
- 17 Овеснов С А , Бузмаков С А , Кувшинская Л В К вопросу об организации и ведении импактного биомониторинга // Вестн Перм ун-та Биология 2000 Вып 2 С 146-158
- 18 Бузмаков С А Трансформация биоты в условиях эксплуатации нефтяных месторождений// Экологические основы стабильного развития Прикамья Мат науч-практ конф Пермь, Перм ун-т 2000 С 304-306
- 19 Бузмаков С А , Овеснов С А , Кувшинская Л В Современное состояние экосистем на нефтяном месторождении юга Пермской области// Экологические основы стабильного развития Прикамья Мат науч-практ конф Пермь, Перм ун-т 2000 С 307-309

20 Костарев С М , Бузмаков С А Основные направления повышения экологической безопасности нефтегазодобывающего предприятия// Вестник «МАНЭБ» 2000 №6(30) С 100-102

21 Кулакова С А , Бузмаков С А Изменение древесной растительности под воздействием атмосферных выбросов нефтедобывающей промышленности на примере Пермской области// Геохимия биосферы III Международное совещание, посвященное 10-летию Научно-исследовательского института геохимии биосферы РГУ Ростов н/Д РГУ, 2001 С 167-168

22 Бузмаков С А , Поезжаева О Н Экологические аспекты природопользования Перм ун-т, Пермь, 2001 40с

23 Воронов Г А , Бузмаков С А , Кувшинская Л В Техногенез при добыче нефти // Геохимия биосферы III Международное совещание, посвященное 10-летию Научно-исследовательского института геохимии биосферы РГУ Ростов н/Д РГУ, 2001 С 215-216

24 Бузмаков С А Сохранение биоразнообразия на территории нефтяных месторождений// География и регион V Биогеография и биоразнообразии Прикамья Мат Междунар науч -практ конф / Перм ун-т Пермь, 2002 С 50-54

25 Бузмаков С А , Воронов Г А , Кулакова С А Создание системы особо охраняемых природных территорий для обеспечения устойчивого развития (на примере Частинского района Пермской области)// География и регион V Биогеография и биоразнообразии Прикамья Мат Междунар науч -практ конф / Перм ун-т Пермь, 2002 С 54-58

26 Бузмакова Е Г , Волочков А А , Бузмаков С А Особенности личности, интеллектуальной сферы и учебной деятельности студентов географического факультета Пермского университета // География и регион VII Географическое и экологическое образование в школе и вузе Мат Междунар науч -практ конф/ Перм ун-т Пермь, 2002 С 6-9

27 Бузмаков С А , Макаров В В Результаты геоэкологического обследования территории нефтяного месторождения в подтаежной зоне Пермской области// География и регион IX Природопользование и экологический мониторинг Мат Междунар науч -практ конф / Перм ун-т Пермь, 2002 С 103-107

28 Костарев С М , Бузмаков С А Организация геоэкологического мониторинга при разработке нефтяных месторождений на территории ландшафтных заказников// География и регион IX Природопользование и экологический мониторинг Мат Междунар науч -практ конф / Перм ун-т Пермь, 2002 С 133-136

29 Бузмаков С А , Соболева Е Б , Шепель А И Нижневизшерский ландшафтный заказник// Особо охраняемые природные территории Пермской области Реестр Пермь Книжный мир, 2002 С 166-168

30 Бузмаков С А Основы методологии геоэкологических исследований трансформации географической среды// Географические проблемы Уральского Прикамья мат регион науч -практ конф / Перм ун-т Пермь 2003 С 98-102

31 Бузмаков С А , Кулакова С А Изменение круговорота веществ наземных экосистем нефтяного месторождения на начальных стадиях эксплуатации //Географические проблемы Уральского Прикамья мат регион науч -практ конф/ Перм ун-т Пермь, 2003 С 98-102

32 Бузмаков С А , Жерников А С Использование геоинформационных технологий для проведения экологического мониторинга наземных экосистем Ножовской группы месторождений нефти// Вопросы экологии и природопользования в аграрном секторе мат Всерос науч -практ конф / М АНК, 2003 С 123-126

33 Бузмаков С А , Бабин Г П , Воронов Г А Расчет норм допустимого содержания остаточных нефтепродуктов в почвенных экосистемах на основе геоэкологического подхода// Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений

№16828

2006-4

12769

окружающей среды Доклады Международной школы /Науч.-исслед. институт  
Геохимии биосферы РГУ, 2003 С 28-35

34 Бузмаков С А Геоэкологический способ разработки нормативов предельно  
допустимого содержания нефтепродуктов в почвах Свидетельство о регистрации  
интеллектуального продукта №7320030012 от 30 10 2003 М, ВНИИЦ, 2003

35 Бузмаков С А, Башин Г П, Каменщикова В И, Кувшинская Л В Количественные  
критерии предельно допустимого содержания остаточных нефтепродуктов в почвах  
Пермской области Свидетельство о регистрации интеллектуального продукта  
№7320030013 от 30 10 2003 М, ВНИИЦ, 2003

36 Бузмаков С А Экспериментальное моделирование трансформации наземных  
экосистем при нефтяном загрязнении // Ecology 2004 13th International symposium, June  
7-11 Sunny Beach Bulgaria Scientific articles Book 1 P 64-100

37.Бузмаков С А Трансформация экосистем при нефтяном загрязнении// Труды  
Международного биотехнологического центра МГУ «Биотехнология – охране  
окружающей среды» Ч 2 М Спорт и культура 2004 С 13-20

38 Кулакова С А, Бузмаков С А Результаты мониторинговых наблюдений на  
территории нефтяных месторождений// Труды Международного биотехнологического  
центра МГУ «Биотехнология – охране окружающей среды» Ч 2 М Спорт и  
культура 2004 С 98-102

39 Бузмаков С А Экспериментальное определение основных фаз техногенной  
трансформации экосистемы// Вестн Перм ун-та. Биология 2004 Вып 2 С 133-138

40 Бузмаков С А, Воронов Г А, Кулакова С А Ландшафтный заказник  
«Куединский» Пермь Мобиле 2004 48с

41 Бузмаков С А, Воронов Г А, Кулакова С А Ландшафтный заказник  
«Нижневишерский» Пермь Мобиле 2004 58с

42 Бузмаков С А Классификация техногенной трансформации наземных экосистем на  
территории нефтепромыслов// Современные глобальные и региональные изменения  
геосистем Мат. Всерос науч конф, посвященной 200-летию Казанского университета  
Казань, 2004 С 137-138

43 Бузмаков С А, Вахрушев С Д, Воронов Г А, Дворянских С Ю, Кулакова С А  
Особо охраняемые природные территории// Состояние и охрана окружающей среды  
Пермской области в 2003 году Пермь, ПГТУ 2004 С 112-114

44 Бузмаков С А Техногенная трансформация наземных экосистем в условиях  
эксплуатации нефтяных месторождений// Проблемы и перспективы реабилитации  
техногенных экосистем Мат междунар науч-практ конф Астрахань АГТУ, 2005  
С 120-124

45 Бузмаков С А, Кулакова С А Изменение совокупных свойств наземных экосистем  
при эксплуатации нефтяных месторождений/ Перм ун-т Пермь, 2005 59с Деп в  
ВИНИТИ, № 272

46 Башин Г П, Бузмаков С А Математическое моделирование в экологии влияние  
нефтепродуктов на развитие растений и микроорганизмов// Вестн Перм ун-та  
Математика. Механика Информатика 2005 Вып 2 С 18-22

---

Подписано в печать 1.09.2005 г. Печать офсетная.

Тираж 100 экз. Заказ № 141

Отпечатано на ризографе ООО «Учебный центр «Информатика»

614990 г. Пермь, ул. Букирева, 15