

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ГОУ ВПО ТЮМЕНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

А. В. СОРОМОТИН

ВОЗДЕЙСТВИЕ ДОБЫЧИ НЕФТИ
НА ТАЕЖНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Монография



Тюмень
Издательство
Тюменского государственного университета
2010

УДК 504:622.32(571.12)
ББК Б1+У305.143.222
С 655

А. В. Соромотин. ВОЗДЕЙСТВИЕ ДОБЫЧИ НЕФТИ НА ТАЕЖНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: монография. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2010. 320 с.

Западно-Сибирский нефтегазоносный бассейн является крупнейшим в мире по интенсивности нефте- и газодобычи. К настоящему времени в районе открыто и подготовлено к промышленному освоению более 600 месторождений углеводородного сырья с суммарными запасами почти 60 млрд т условного топлива. Размеры преобразований экосистем данной территории не имеют аналогов в России, поскольку они произошли в течение менее 50 лет. Сложная экологическая ситуация обусловлена беспрецедентными по своим масштабам объемами освоения природных ресурсов, главными из которых являются нефть и газ.

В большинстве исследований, посвященных экологическим проблемам нефтегазодобычи, технологический процесс рассматривается в комплексе, либо анализируются отдельные виды воздействий на окружающую природную среду. В данной работе раскрываются экологические последствия различных этапов добычи нефти в историческом аспекте и в соответствии с последовательностью технологических операций. Основная идея автора заключается в формировании региональной модели оценки и прогноза состояния природной среды в районах нефтегазодобычи.

Адресуется специалистам в области экологии, аспирантам, студентам, изучающим проблемы нефтегазового комплекса.

Рецензенты: **С. П. Арефьев**, зав. лабораторией устойчивости биогеоценозов Института проблем освоения Севера СО РАН, д-р биол. наук
Б. Е. Чижов, зам. директора по научной работе Сибирской лесной опытной станции, д-р с/х наук

ISBN 978-5-400-00339-4

© ГОУ ВПО Тюменский государственный университет, 2010
© А. В. Соромотин, 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. МЕТОДОЛОГИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	
§ 1. Методологические подходы к оценке техногенного воздействия на природную среду	10
§ 2. Классификации техногенных воздействий при нефтедобыче	29
§ 3. Объекты и методы исследований	41
ГЛАВА 2. ЭТАПЫ ОСВОЕНИЯ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ОСНОВНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ	
§ 1. Экологический анализ исторических этапов освоения нефтегазовых месторождений	47
§ 2. Экологические последствия разведочного этапа	61
§ 3. Экологические последствия этапа строительства	84
§ 4. Экологические последствия этапа добычи	95
§ 5. Экологические последствия ликвидационного этапа	104
ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕФТЕДОБЫЧИ НА АБИОТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ТАЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ	
§ 1. Геохимическая характеристика природных сред	110
§ 2. Загрязнение атмосферного воздуха	120
§ 3. Загрязнение поверхностных вод	138
§ 4. Деградация и загрязнение почвенного покрова	152
§ 5. Ландшафтно-экологическая оценка техногенного воздействия	178
§ 6. Эколого-геологические аспекты изучения зоны добычи нефти и газа	187
ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕФТЕДОБЫЧИ НА БИОТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ТАЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ	
§ 1. Воздействие нефтедобычи на растительность	200
§ 2. Воздействие нефтедобычи на животных	224
ГЛАВА 5. КАРКАС ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КАК ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА	
§ 1. Каркас экологической устойчивости нефтяных месторождений ...	248

§ 2. Экологический мониторинг лицензионных участков нефтяных месторождений	259
ГЛАВА 6. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ	
§ 1. Биологические основы рекультивации нефтезагрязненных земель.....	267
§ 2. Рекультивационный фонд нефтезагрязненных земель	285
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	290
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	293
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	294

ВВЕДЕНИЕ

Основой стратегии взаимодействия человеческого общества и окружающей природной среды в современном мире стал принцип устойчивого развития, продекларированный Конференцией ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992) и решениями XIX специальной сессии Генеральной ассамблеи ООН 1997 г. В соответствии с концепцией Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ № 440 от 1 апреля 1996 г., под устойчивым развитием понимается такое развитие, которое обеспечивало бы сбалансированное решение социально-экономических задач и проблем сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений людей. Иными словами, нынешнее поколение должно удовлетворять свои потребности, не создавая угрозы для будущих поколений, а устойчивость при решении экологических проблем должна достигаться, не ущемляя экономическое развитие. Хартия устойчивого развития европейских городов (Ольборг, Дания, 1994 г.) определяет его цель как *достижение стабильной экономики, социальной справедливости и устойчивости окружающей среды*. Устойчивость окружающей среды предполагает сохранение природного богатства, поддержание биоразнообразия и здоровья человека.

Словосочетание «устойчивое развитие» понимается далеко не однозначно. Эти два слова логически антагонистичны друг другу. Если же уточнить терминологию, то *«sustainable development»* дословно переводится как «поддерживающее развитие», что, на наш взгляд, наиболее точно отражает идею конференции ООН в Рио-де-Жанейро. В связи с этим необходимо принимать как аксиому четвертый принцип конференции — для достижения устойчивого развития защита окружающей среды должна составлять неотъемле-

мую часть процесса развития и не может рассматриваться в отрыве от него.

В нашей стране, с экологической точки зрения, много «проблемных» регионов, на примере которых видно, что теоретические вопросы устойчивого развития приобретают практическое значение. Одним из них является Западно-Сибирская равнина, на территории которой сосредоточены запасы углеводородного сырья — крупнейший в мире Западно-Сибирский нефтегазоносный бассейн с общей площадью около 3,5 млн км² — и ведется интенсивная нефте- и газодобыча. К настоящему времени в регионе открыто и подготовлено к промышленному освоению более 600 месторождений углеводородного сырья с суммарными запасами почти 60 млрд т условного топлива. Большинство разведанных и находящихся в эксплуатации месторождений нефти располагается в таежной зоне Ханты-Мансийского автономного округа-Югры. По мнению В. А. Долингера, советника председателя правительства ХМАО-Югры по вопросам экологии и рационального использования природных ресурсов, сложная экологическая ситуация в автономном округе обусловлена беспрецедентными по своим масштабам объемами освоения природных ресурсов, главными из которых являются нефть и газ. Размеры преобразований экосистем не имеют аналогов в России, поскольку они произошли в течение короткого исторического времени (менее 50 лет). За эти годы в округе построено 170 тыс. км трубопроводов, 17 тыс. км автодорог, 48 тыс. км линий электропередачи, пробурено более 98 тыс. промысловых скважин, в том числе 70 тыс. добывающих, построено 12,6 тыс. технологических площадок. С начала функционирования нефтегазового комплекса в округе открыто 449 нефтегазовых месторождений, из недр извлечено свыше 9 млрд т нефти. Основной экологической проблемой для округа в настоящее время являются аварийные сбросы и выбросы нефти, нефтепродуктов, подтоварных вод, содержащего шламовых амбаров в водные объекты и на рельеф местности (Долингер, 2010).

В отраслевой структуре промышленной продукции региона нефтегазодобывающая промышленность составляет более 90%. Обеспечивая экономическое благополучие России, добыча нефти является главным фактором негативного воздействия на окружающую природную среду (ОПС). По мнению экспертов, освоение месторождений, транспортировка и переработка углеводородного сырья по

опасности воздействия на компоненты окружающей среды стоят на третьем месте среди 130 отраслей современного производства (Панов и др., 1986). Особенность нефтедобычи в том, что она оказывает негативное воздействие практически на все компоненты природных экосистем: атмосферный воздух, ландшафты, почвенный покров, поверхностные и грунтовые воды, растительный и животный мир. Покомпонентное изучение результатов такого воздействия не создает целостного представления об утрате ресурсных, средообразующих и природоохранных функций экосистем. В связи с этим *комплексные исследования* функционирования экосистем в условиях интенсивной нефтедобычи, *разработка теоретических основ сохранения их устойчивости и совершенствование систем мониторинга* приобретают особую актуальность.

В большинстве исследований, посвященных экологическим проблемам нефтегазодобычи, технологический процесс рассматривается в комплексе, не подразделяясь на отдельные этапы, либо анализируются отдельные виды воздействий на ОПС. Данная работа отличается тем, что в ней *предпринята попытка рассмотреть экологические последствия различных этапов добычи нефти в историческом аспекте и в плане последовательности технологических операций с целью изучения закономерностей трансформации ОПС на различных этапах освоения, оценки масштабов воздействия наиболее значимых фактов как на абиотические, так и на биотические компоненты экосистем тайги Западной Сибири.*

Основная идея исследования заключается в формировании региональной модели оценки и прогноза состояния природной среды на различных этапах освоения нефтяных месторождений. *Предмет исследования* — экологические условия, складывающиеся в основных районах нефтедобычи, оценка влияния различных стадий освоения месторождений на состояние окружающей природной среды. *Объектами исследования* являются экосистемы таежной зоны Западной Сибири, трансформируемые в результате освоения месторождений углеводородного сырья. Для уточнения предмета и объектов исследования следует определить основные понятия, характеризующие окружающий нас мир. Достаточно лаконично и емко эти понятия представлены в статье 1 «Основные понятия» Федерального закона «Об охране окружающей среды» (№ 7-ФЗ от 10.01.2002 г.). На них мы и будем опираться в нашем исследовании:

- *окружающая среда* — совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов;

- *окружающая природная среда* — совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов;

- *компоненты природной среды* — земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный, животный мир и иные организмы, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство, обеспечивающие в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле;

- *естественная экологическая система* — объективно существующая часть природной среды, которая имеет пространственно-территориальные границы и в которой живые (растения, животные и другие организмы) и неживые ее компоненты взаимодействуют как единое функциональное целое и связаны между собой обменом вещества и энергии.

Под *техногенными факторами* мы понимаем влияние, оказываемое промышленной (хозяйственной) деятельностью людей на живые организмы, экосистемы, ландшафт, биосферу (в отличие от естественных, или природных факторов). Техногенные факторы обуславливают возникновение и развитие техногенеза. Принимая во внимание, что практически вся деятельность человека при освоении нефтяных месторождений носит индустриальный характер, техногенный фактор обычно становится синонимом *антропогенного фактора*.

Под *техногенным объектом* мы подразумеваем объект, созданный человеком в процессе производственной деятельности.

Книга состоит из введения, 6 глав, заключения и списка литературы. В первой главе определены методологические подходы к оценке техногенных воздействий на природную среду при нефтедобыче и предложена их классификация, представлен объем фактического материала и методы исследований. Вторая глава посвящена описанию этапов освоения нефтяных месторождений как в историческом, так и в технологическом аспектах и основных экологических последствий на каждом из этапов. Третья и четвертая главы содержат анализ воздействия нефтедобычи на абиотические и биотические компоненты таежных экосистем: атмосферный воздух, поверхностные воды, по-

чвенный покров, ландшафты, растительный и животный мир. Пятая глава раскрывает понятие и принципы построения каркаса экологической устойчивости нефтяных месторождений как основы системы экологического мониторинга. Последняя, шестая глава посвящена анализу биологических основ рекультивации замазученных территорий и определению понятия рекультивационного фонда нефтезагрязненных земель

Эта монография — результат наших многолетних исследований ОПС нефтегазовых месторождений в Западной Сибири, проводившихся в течение последних 20 лет. Мы выражаем искреннюю благодарность своим коллегам и товарищам по экспедициям: Сергею Николаевичу Гашеву, Александру Павловичу Казанцеву, Марии Николаевне Казанцевой (Гашевой) и Александру Васильевичу Рыбину, а также Виктору Андреевичу Долингеру, Виктору Николаевичу Макееву и Борису Ефимовичу Чижову за помощь и участие в нашей работе.

Особая благодарность — Валентину Евстафьевичу Силичу, внесшему значительный вклад в подготовку материалов по истории освоения месторождений и геологического изучения запасов углеводородного сырья в Западной Сибири.

ГЛАВА 1

МЕТОДОЛОГИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

§ 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

Для оценки влияния антропогенной деятельности на окружающую природную среду необходима ясная система приоритетов и критериев. А. А. Тишков (2005) в зависимости от методологических основ и научных течений рассматривает экологические проблемы в целом и вопросы охраны живой природы, в частности, с нескольких позиций: *алармизма* (вероятных катастрофических последствий воздействия человека на природу и истощение природных ресурсов); *экологического оптимизма* (возможных коэволюционных процессов, концепции ноосферы, возобновляемости природных ресурсов и биоразнообразия и пр.); *экологического реализма* (актуализации текущих проблем и позитивного опыта прошлого, регламентации воздействия на природу и использование природных ресурсов). По нашему мнению, наиболее обоснованной является позиция экологического реализма. Именно опыт и знания должны лечь в основу регламентации воздействия, создавая оптимальные, научно выверенные параметры техногенных воздействий. Эти параметры должны, с одной стороны, обеспечить способность природы к биотической регуляции, а с другой — не ограничивать развитие производительных сил общества.

Понятия *воздействия* и *нагрузки* деятельности человека на естественные экосистемы неоднозначно трактуются в экологической литературе. Ю. А. Израэль рассматривает *хозяйственную (антропогенная) нагрузку* как комплекс антропогенных факторов, влияющих на состояние биосферы, на здоровье населения, делая при этом важное уточнение, что данный комплекс исключительно разнообразен (Израэль, 1996). Это загрязнение природных сред различными веществами, физическое (в том числе механическое) воздействие,

нарушающее естественный покров, изъятие возобновимых и невозобновимых ресурсов и другие виды воздействий.

С. В. Васильев (1998) пишет о том, что техногенное *воздействие* имеет принципиальное отличие от *техногенной нагрузки*. Нагрузку он определяют как совокупность промышленных объектов, технологически необходимых человеку для существования или реализации какой-либо конкретной задачи. Воздействие же на ландшафт — совокупность всех вторично возникающих нарушенных экосистем и межбиогеоценотических связей, не регламентированных технологически и вынужденно сопутствующих хозяйственной деятельности человека. При равной степени нагрузки на различные типы ландшафтов или урочищ характер воздействия будет различным. По нашему мнению, С. В. Васильев смешивает понятия «причина» и «следствие», «доза» и «эффект»: техногенные «нагрузка» и «воздействие» — это причины трансформации экосистем («дозы»), в частности, вызванные производственной деятельностью человека. Проявление ответных реакций экосистем в различных формах (деградация, демутиация, формирование техногенных экосистем) — это следствие («эффект»).

В классической механике нагрузка — один из видов воздействия, а именно силовое воздействие (Политехнический словарь, 1980). То есть, термин «воздействие» более универсален, так как уточняется через понятие «нагрузка», которое является соподчиненным. Проще говоря, «нагрузка» — это какое-то «воздействие». С точки зрения механики, не всякое «воздействие» есть «нагрузка».

Уместно привести толкование этого вопроса, высказанное Э. Д. Ершовым (1990), который предлагает схему типизации техногенных воздействий, основанную на разделении и оценке вклада целенаправленных и стихийных (непреднамеренных) воздействий. Целенаправленные воздействия обычно подразделяются по своей природе на механические, физические, химические, биологические и др. Первые называются нагрузками, а остальные — воздействиями (Ершов, 1990). Например, нефтяное загрязнение, с одной стороны, можно рассматривать как химическое воздействие на наземные экосистемы, проявляющееся в конкретных ответных реакциях их компонентов, а с другой, как техногенную нагрузку на водосборный бассейн малой реки, изменяющую гидрохимический состав ее вод.

О. М. Ермилов с соавторами (2002) использует термины *нагрузка* и *воздействие* как синонимы, имея в виду, что они далеко не тождественны: между ними есть как тесная взаимосвязь, так и различия. При этом под техногенным воздействием понимается процесс привноса или изъятия по отношению к природной среде любой материальной субстанции, приводящий в ней к изменениям различного рода. То есть, под техногенным воздействием на природную среду понимается совокупность факторов хозяйственной деятельности, вызывающих трансформацию состояния ее компонентов и изменение естественного хода сукцессии природных экосистем. Все многообразие факторов антропогенеза делится этими авторами на *две большие группы*:

1) использование природных компонентов ландшафта (изъятие, трансформация и нарушение земель в процессе хозяйственной деятельности, добыча полезных ископаемых, использование природных вод, биоресурсов и т. д.);

2) поступление отходов хозяйственной деятельности в природную среду: выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, сбросы сточных вод в аквасистемы и на рельеф, твердые отходы от различных источников, физические поля и т. д. (Ермилов с соавторами, 2002).

В. В. Козин и В. А. Петровский (2005) определяют антропогенную нагрузку как *степень* прямого или косвенного воздействия человека и его хозяйствования на природную среду в целом или на ее элементы и их свойства — ландшафты, рельеф, почвы, экосистемы, биоту, природные ресурсы и др. (курсив наш). Нагрузка на ландшафт — мера антропогенно-техногенного воздействия (Словарь по естественным наукам, http://slovari.yandex.ru/dict/gl__natural).

А. П. Хаустов и М. М. Редина (2006) под *воздействием* производства на окружающую среду понимают процесс обмена веществом и энергией, в результате которого в компонентах окружающей среды происходят качественные и количественные изменения (нарушения или загрязнения), превышающие предельно допустимые нормативы — ПДВ, ПДС, ПДУ и др.

По нашему мнению, *воздействие* — это процесс, имеющий качественные и количественные характеристики. Качественными характеристиками воздействий могут быть: источники воздействия (естественный, антропогенный), характер воздействия (химический, физический, биологический); направленность (деградация, восста-

новление, трансформация), уровни воздействия (локальный, региональный, глобальный). Количественная составляющая всякого воздействия есть *нагрузка*, которая характеризуется: временем (продолжительность, периодичность), интенсивностью (сила, степень, количество, площадь и пр.), характером распределения (сосредоточенные или очаговые, распределенные или равномерные, диффузные) и прочим.

Большой научный интерес представляют принципы построения общих интегральных оценок и классификаций факторов антропогенного воздействия на природную среду. Н. В. Соровикова (1992), утверждает, что выбор факторов и показателей антропогенного воздействия должен базироваться не на выделении традиционных отраслей или типов хозяйствования, а на типологии производств по общности использования природных ресурсов, трансформации вещества природы и вывода отходов. О. М. Ермилов с соавторами (2002) выделяют *три подхода* к интегральной оценке воздействия на природную среду, отдавая предпочтение первому:

1) *классификационно-картографический* — классификация видов производств по типам их воздействия на среду и ответным реакциям самой среды, формам ее нарушения, районирование с учетом естественных ландшафтных особенностей территории и картографирование как заключительная стадия;

2) *социально-экономический* — оценка и выделение типов природной среды с точки зрения нормальных условий жизнедеятельности человека;

3) *экономический* — сведение всех разнообразных воздействий на природную среду к единой экономической форме.

Признавая целостность и глубину изучения данного вопроса указанными выше авторами, мы предлагаем свою классификацию интегральных подходов к оценке техногенной трансформации окружающей природной среды, которая включает *четыре комплексных подхода*: экосистемный, медико-экологический, эколого-геоинформационный и экономико-ресурсный.

Теоретической основой **экосистемного (холистского) подхода** является классическое понимание экологии, в частности экосистемы, как основной функциональной единицы в экологии, поскольку в нее входят и организмы, и неживая природа — компоненты, взаимно влияющие на свойства друг друга и необходимые для поддержания

жизни в той ее форме, которая существует на Земле (Одум, 1986). Концепция экосистемы считается центральной частью экологической парадигмы (Федоров, Гильманов, 1980), а сама экосистема — главным объектом общей экологии (Работнов, 1979). Основной отличительной чертой экологического анализа в решении разнообразных природоохранных задач является системность, которая проявляется через исследование связей между компонентами различных иерархических уровней и изменений интенсивности этих связей во времени (т. е. познание функционирования целого через анализ частного). Вслед за В. Д. Федоровым и Т. Г. Гильмановым (1980) мы говорим о том, что экология сегодня является функциональной дисциплиной, а функциональный подход есть главный подход в решении разнообразных природоохранных задач. Основным критерием принадлежности к современной экологии указанные авторы считают следующее положение: «считать экологическим любое исследование надорганизменного уровня, если оно имеет *конечной целью* осмыслить место исследуемого явления в экосистеме». При этом необходимо концентрировать внимание на исследовании связей, изменении их интенсивности во времени, т. е. на функционировании целого (Федоров, Гильманов, 1980).

Мы придерживались традиционного понимания термина «экология», пытаясь изучить весь круг вопросов, касающихся изменения окружающей среды, причем в большей степени используя прикладной аспект экологии, который анализирует влияние деятельности человека на компоненты окружающей среды. Такой подход позволяет наиболее комплексно исследовать влияние антропогенной деятельности на экосистемы. Более того, мы попытались рассмотреть проблему антропогенной трансформации экосистем при нефтедобыче несколько шире — в свете концепции охраны окружающей среды, подразумевая под этим, в узком смысле, разработку природосберегающих и природовосстанавливающих технологий (как предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий), а в широком — как основу рационального природопользования, направленного на сохранение и восстановление природной среды, наиболее полное использование и воспроизводство природных ресурсов.

Принцип экосистемного подхода к регулированию природопользования напрямую связан с принципом рационального использова-

ния природных ресурсов. Объективно он предопределяется взаимосвязью и взаимообусловленностью процессов и явлений в природе, при использовании одного природного ресурса, например недр, может оказываться вредное воздействие на почвы, воды, атмосферный воздух, растительный и животный мир.

В «Концепции изучения биоразнообразия и динамики экосистем северной Евразии в рамках международного сотрудничества», разработанной по итогам работы Первой международной конференции «Биоразнообразие и динамика экосистем северной Евразии» — BDENE'2000 (Новосибирский научный центр СО РАН, 21-26 августа 2000 г.), отмечается, что реализация концепции устойчивого развития может быть осуществлена лишь на основе экосистемного подхода к использованию природных ресурсов и применения оптимальных природосберегающих технологий, что, в свою очередь, требует глубокого понимания механизмов функционирования природных экосистем, а также разработки глобальных и национальных стратегий охраны природы и природопользования. Экосистемный подход был официально принят на пятой Конвенции по биоразнообразию в Найроби (2000 г.) и определен как стратегия комплексного управления земельными, водными и живыми ресурсами, направленная на их охрану и устойчивое использование на основе принципа справедливости.

Экосистемный подход созвучен с концепцией гомеостаза (саморегуляции), констатирующей, что нарушение регуляторных механизмов, например в результате загрязнения природной среды, может привести к нарушению естественного равновесия ее компонентов. При реализации экосистемного подхода в большей степени нас интересовали функциональные связи между биотическими и абиотическими компонентами экосистем, а также трансформация этих компонентов под воздействием техногенных факторов.

Константы, используемые в экосистемном подходе, отражают единообразие физиологической и биохимической организации жизни. Более того, сам экосистемный подход возможен только благодаря тому, что число основных функций, осуществляемых организмами (иначе говоря, число «биогеохимических ролей»), очень невелико по сравнению с колоссальным разнообразием форм, свойственных органическому миру (Гиляров, 1998).

Синонимом термина «экосистемный» часто выступает термин «холистический» подход, интерпретирующий мир при решении экологических проблем и разработке концепций устойчивого развития как целостную систему. В монографии И. Ю. Алексашиной (2000) приводятся *ключевые положения*, раскрывающие эту целостность:

- мир как единая система, включающая в себя локальные, региональные и глобальные подсистемы;
- мир как интегративная система, основанная на многомерных взаимозависимостях между отдельными подсистемами;
- мир как живая самоорганизующаяся система, в основе которой лежат принципы гомеостазиса, уравновешенности и баланса;
- мир как развивающаяся система, для которой важно сбалансированное развитие, причем нарушение этой сбалансированности порождает глобальные проблемы, решение которых требует совместных усилий всех стран мира.

В экологических исследованиях холистический подход реализуется в качестве системного подхода к изучению экосистем территорий как неразрывного целого. Под *системным* мы понимаем общенаучный подход, направленный на познание механизма интеграции иерархически организованных систем как целостных образований — единств, состоящих из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов. По мнению Мартина Горке (1998), холистическое (физиоцентрическое) отношение к окружающей среде является наиболее всеобъемлющей мировоззренческой позицией. Неживая материя и такие системные целостности, как виды, экосистемы и биосфера в целом, также имеют внутреннюю ценность и находятся поэтому, с этической точки зрения, в сфере прямой человеческой ответственности.

Медико-экологический подход в интегральной оценке воздействия на ОПС представляется нами как пространственный анализ комплексов эколого-географических предпосылок (как естественных, так и антропогенных) болезней человека и возникающих на их основе проблемных медико-экологических ситуаций. Этот подход акцентирует внимание не просто на «нормальных условиях жизнедеятельности человека». О. М. Ермилов и соавторами (2002), судя по названию подхода, основное внимание уделяют социальной и экономической стороне условий жизни людей в различных усло-

виях среды. В этом смысле вернее было бы назвать этот подход экономико-географическим, характеризующим зависимость интегральной оценки уклада жизни людей (например, малочисленных народов Севера, занимающихся экстенсивным традиционным природопользованием) от факторов окружающей среды, в том числе и техногенных.

Оценка качества жизни людей через их здоровье, которое обусловливается в том числе и загрязнением окружающей среды, в настоящее время является одной из важнейших медико-экологических задач. В. Л. Бочаров с соавторами (2000) утверждают, что методологические подходы к анализу состояния здоровья населения с учетом экологического состояния окружающей среды связаны с применением общей теории систем и оценочными экологическими исследованиями в области гигиены, эпидемиологии и медицинской географии. При этом в качестве основного системообразующего показателя признается заболеваемость населения, а все остальные показатели, в том числе и деятельность сети здравоохранения, рассматриваются как параметры, воздействующие на его здоровье. Учитывая региональную специфику городских условий, авторы предлагают формировать экологическую базу данных в виде следующих *основных блоков*: 1) качество атмосферного воздуха; 2) качество питьевой воды; 3) качество (загрязнение) почвенного покрова; 4) архитектурно-планировочная структура; 5) ландшафтно-экологическая структура территории (Бочаров и др., 2000).

Среди основных способов анализа данных должны применяться статистические методы выявления преобладающих факторов риска (на основе оценки корреляционных связей типа «фактор» — «болезнь»), прогнозирования заболеваемости на базе мониторинга состояния окружающей среды и оценки комфортности условий жизни населения для последующей выработки экологической политики как в городе, так и в сельских муниципальных образованиях (Бочаров и др., 2000). На рисунке 1 показана блок-схема сбора и структуры информации системы городского медико-экологического мониторинга, в которой обращают на себя внимание немаловажные факторы состояния окружающей среды: природно-климатические и эколого-географические показатели, оценка уровня шума и электромагнитных полей, радиационный фон.

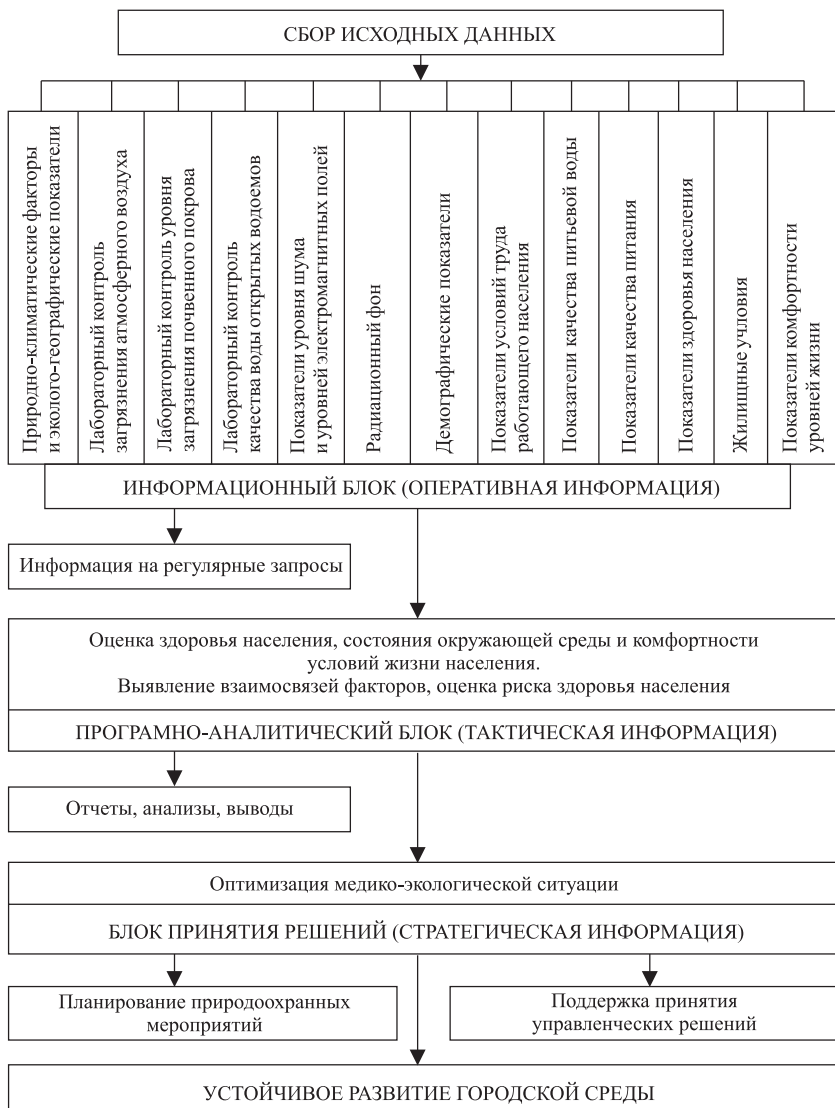


Рис. 1. Блок-схема информации системы городского медико-экологического мониторинга (по Бочарову и др., 2000)

Согласно сложившимся представлениям, интегральная оценка системы «среда — здоровье» (медико-экологический анализ) определяется как система действий, направленных на выявление, предупреждение и устранение влияния вредных факторов среды обитания (факторов риска) на здоровье населения. Факторы риска — это условия окружающей среды, существенно повышающие риск возникновения заболевания населения. По мнению большинства отечественных и зарубежных экспертов ВОЗ, здоровье человека и его заболеваемость определяются, по крайней мере, *четырьмя группами факторов*: образом жизни и качеством питания — 50%, медико-генетическим — 20%, состоянием окружающей среды — 20%, уровнем развития здравоохранения — 10% (Бочаров и др., 2000). Таким образом, окружающая среда играет большую роль в формировании и сохранении здоровья.

Примеры реализации медико-экологического подхода приведены в работах: «Медико-экологическое атласное картографирование Алтайского края» (Винокуров и др., 2002), «Медико-экологический атлас Пермской области» (1997), «Медико-экологическая характеристика нефтедобывающих районов юга Пермского края» (Оборин и др., 2006). И. А. Хлебовичем с соавторами (2003) сформулированы основные принципы пространственного медико-экологического анализа, которые позволяют последовательно реализовать картографический алгоритм от компонентного уровня до уровня разбивки региона на отдельные специальные медико-экологические районы. Систему медико-экологического картографирования эти авторы предлагают рассматривать как взаимосвязанные и взаимообусловленные подмножества с непрерывным накоплением информационной емкости, достигающей максимума в интегральной медико-экологической классификации территории.

На рис. 2 показана схема медико-экологического районирования территории России. Район нашего исследования (Северобайкальский, 16) характеризуется очень низким уровнем здоровья населения ($R=20$), интенсивным освоением нефтегазовых ресурсов, изолированными очагами урбанизации, низкой плотностью населения. Для проживания людей природные условия отличаются здесь близостью к экстремальности, дискомфортом, сложной эколого-гигиенической ситуацией в зонах нефтегазодобычи и вдоль трасс трубопроводов.



Рис. 2. Медико-экологическое районирование территории России
(Окружающая среда и здоровье..., 1998; Прохоров, 1996)

Эколого-геоинформационный подход в интегральной оценке воздействия на ОПС способствует формированию фондов ГИС, составлению и анализу прогнозов состояния окружающей среды на их основе. Содержание баз данных ГИС-фондов позволяет устанавливать обратную связь воздействия общества на ОПС и степень устойчивости ее компонентов к дальнейшим воздействиям.

В последнее время широкое распространение получил геоинформационный подход к оценке изменений состояния природной среды в условиях техногенных воздействий, основанный на совмещении санитарно-гигиенического и ландшафтно-геохимического подходов. Этот комплексный подход требует использования больших объемов картографической и другой количественной информации о состоянии компонентов природной среды, что практически невозможно без применения современных ГИС-технологий. Суть его сводится к наложению на ландшафтную карту совокупности зон загрязнения окружающей среды выбросами из различных источников и опреде-

лению (с использованием ГИС) размеров площадей ландшафтных выделов, находящихся под воздействием негативных факторов нефтедобычи, что позволяет выявить находящиеся в критическом состоянии компоненты природной среды (Полищук и др., 2005).

ГИС, по определению А. В. Коршакова и В. С. Тикунова (1993), представляет собой специфическую базу данных, имеющих пространственные координаты, с набором операций для работы с этими данными. Понятийно-терминологический словарь «Геоэкология и природопользование» (Козин, Петровский, 2005) определяет географическую информационную систему как автоматизированную аппаратно-программную систему, осуществляющую сбор, обработку, хранение, отображение и распространение пространственно-координированной геоинформации. Предназначение ГИС — облегчить поиск, инвентаризацию, анализ и демонстрацию географически привязанных данных для решения оценки, прогноза, планирования и управления окружающей средой и территориальной организацией общества. ГИС призвана обеспечивать обобщение статистической, картографической, аэрокосмической и другой исходной информации, поддерживать информационный мониторинг, формирование банков и баз данных и знаний, играть первостепенную роль в формировании экспертной системы и систем поддержки принятия экологически приемлемых управленческих решений. Без использования ГИС практически невозможны изучение и разрешение геоэкологических проблем, нахождение зависимостей между ландшафтными, экологическими, экономическими, социальными и другими переменными, разработка и осуществление региональных и национальных стратегий устойчивого развития. Основу ГИС составляют автоматические картографические системы, главными источниками информации служат различные геоизображения.

Принцип динамики критериев во времени с использованием ГИС-технологий положен в основу картографирования и нормирования зон экологического неблагополучия и формирования динамических ГИС (Haddad, 1990; Виноградов и др., 1998). Этот подход позволяет составлять экологические прогнозы и прогнозные карты с привлечением математического аппарата. Подчеркивается, что при реализации этого методического подхода «в перспективе может быть достигнуто новое качество визуализации данных в результате ис-

пользования методов моделирования виртуальной реальности» (Виноградов и др., 1998).

Отличительная особенность экологических карт на основе ГИС-технологий — ориентация на оперативное отображение динамики и направленности экологических процессов. Это является основой для экстраполяции установленных закономерностей изменения состояния окружающей среды и определения качества прогнозных оценок при сравнении с фактическим развитием ситуации. Современные экологические ГИС-карты принципиально отличаются от обычного эколого-географического отображения какого-либо экологического, геоэкологического или биоэкологического явления. Эту же позицию поддерживает В. И. Харук (1998), который считает, что серьезным недостатком метода традиционного картографирования, особенно ландшафтно-экологического, является субъективизм: из сотни ландшафтоведов вряд ли хотя бы двое одинаково оконтурят границы ландшафтов. Автор указывает на то, что при создании ГИС важно использование опыта картографирования, особенно ландшафтно-экологического метода, достоинство которого состоит в учете естественных природных рубежей. В то же время в «ортодоксальном» варианте ГИС полностью игнорируются какие-либо естественные образования: исследуемая территория разбивается на клетки заданного размера с последующим насыщением тематической информацией. Подобный «лобовой» подход рассчитан на то, что мощная вычислительная техника позволит компенсировать отсутствие анализа природных закономерностей. Развитие подхода, объединяющего ландшафтно-экологический метод и современные ГИС-технологии, позволяет реализовать ГИС как «карту высшего порядка» в смысле возможностей отражения состояния окружающей среды и манипулирования картографическим материалом (Харук, 1998).

По мнению В. В. Козина и Д. М. Марьянских (2003), в качестве интегрирующего суперслоя в стандартных «послойных» ГИС-системах может выступать ландшафтно-экологическая картографическая информация, которая в силу своей комплексности позволяет соотносить каждый из содержательных компонентов (местоположение, рельеф, почвы и их химические особенности, биоту и др.) с любым из инвентаризационных, оценочных и рекомендательных слоев геотехнологического, социально-экономического и иного содержания.

Принципиальные подходы к решению экологических проблем с позиций ГИС-технологий изложены в работе Г. Н. Голубева с соавторами (1995) «Геоинформационное и картографическое обеспечение экологических программ». Авторы подчеркивают, что идеология и методология ГИС является основой экологических программ, нацеленных на решение проблем охраны окружающей среды. Сами по себе базы данных в виде территориальной привязки и пространственного структурирования в растровом, векторном и смешанном форматах (т. е. обычные эколого-географические карты. — А. С.) — это «омертвленное скопление материала», жизнь которому придает система управления базами данных — сердце всего комплекса. Эти системы представляют собой совокупность программных и технических средств, обеспечивающих функционирование ГИС: предоставляется возможность ввода данных, их накопления и обновления, выбора способов хранения, поиска и переработки, формы выдачи материала потребителю и организации диалога с ним. По определению этих авторов, геоинформационные системы способны реализовать сбор, систематизацию, хранение, обработку, оценку, отображение и распространение данных, а также получать на своей основе новую информацию и знания о пространственно-временных явлениях (Голубев и др., 1995).

В качестве наиболее успешного и масштабного примера реализации эколого-геоинформационного подхода в нефтегазодобывающей отрасли можно привести разработанную РАО «Газпром» в рамках проекта «Ямал» специализированную информационную систему (СИС-Ямал), основными функциями которой являются накопление, анализ и интерпретация данных о состоянии природной среды, получение достоверной комплексной информации для принятия обоснованных решений по эксплуатации объектов ямальского комплекса (Одишария и др., 1998). Несмотря на то, что основу этой системы составляет фонд тематического картографического материала, принципиальное отличие от классификационно-картографического подхода заключается в разработке подсистемы проблемно-ориентированных приложений в инструментальной среде ArcView GIS, базового модуля по управлению процессом обработки данных (разработанного на языках Avenue и Visual Basic с применением ArcView Designer и Spatial Analyst). На совершенно новый качественный уровень принятия управленческих решений в экологическом менеджменте с помощью ГИС указыва-

ет также В. В. Хромых (2000). В качестве примера можно привести и информационно-программный комплекс «ЛесГис» Западно-Сибирского лесоустроительного предприятия («Запсиблеспроект»).

Комплексный анализ больших объемов экологической, картографической и другой количественной информации о состоянии компонентов природной среды практически невозможен без применения развитых методов и средств информатики, в частности кластерного анализа, имитационного моделирования и геоинформатики. Использование геоинформационных систем, позволяющих проводить одновременный анализ многомерных данных с использованием цифровых карт, упрощает процедуры экологического прогноза, моделирования и оценки комплексного воздействия на природную среду, делает возможным оперативное выявление аномалий и принятие необходимых мер для их устранения (Полищук и др., 2005). Следовательно, ГИС-технологический подход к интегральной оценке воздействия на окружающую среду позволяет получать принципиально новые знания на основе традиционных методов эколого-географического картографирования.

Часто исходными данными для разработки ГИС служат материалы ДЗЗ — космо- и аэроснимки. Важным требованием к данным ДЗЗ является интеграция с ГИС для сопоставления получаемых изображений с данными тематических карт, выделения границ зон загрязнения различных производств, оперативного подсчета площадей нарушенных земель, сопровождения изображений атрибутивными данными и т. п., т. е. обеспечение доступности данных для различных исследований: экологических, геологических, геоморфологических, гидрологических, геоботанических, почвенных и прочих (Пыстина и др., 2004). Причем при решении широкого круга геоэкологических задач и картографирования нефтегазового комплекса (обзорности и пространственного разрешения) данные ДЗЗ должны учитывать специфику процессов взаимодействия техногенных объектов газовой промышленности с окружающей средой, прежде всего — задействованные обширные территории: горные отводы месторождений, многокилометровые трассы магистральных газопроводов. При этом методы ДЗЗ должны обеспечивать получение качественных и количественных характеристик природных объектов с точной географической привязкой и параметров их пространственного распределения; временную однотипность для оценки различных параметров и возможность сравнения

разновременных изображений для изучения динамических процессов в ландшафтах; обобщение в своем составе спектральных свойств компонентов ландшафта (Пыстина и др., 2005). Этот подход особенно востребован и широко используется при планировании и реализации экологического и геоэкологического мониторинга окружающей среды (Камышев, 1999; Хромых, 2000; Полищук и др., 2000; Бочаров и др., 2000; Меншиков, 2001; Пыстина и др., 2004; Лобковский и др., 2005). Создание ГИС на лесные территории является важнейшим условием эффективного контроля состояния лесного фонда, разработки системы мониторинга лесов, моделирования и прогноза их динамики (Харук, 1998). В настоящее время созданы и успешно применяются ГИС лесов территорий нескольких субъектов РФ (Ямало-Ненецкий АО, Ханты-Мансийский АО-Югра и др.). Еще один пример удачного использование технологий ГИС и ДЗЗ для получения важной информации при экологическом контроле недропользования — совместный проект ГП НАЦРН им. В. И. Шпильмана (г. Ханты-Мансийск) и компании «Совзонд» (г. Москва). При выполнении этого проекта получены уникальные сведения о нефтяном загрязнении многих месторождений ХМАО-Югры (Абросимов и др., 2009). Единственным недостатком подобных методик является *неарбитражность* результатов работ, т. е. невозможность в настоящее время установленным образом активировать загрязненные участки для предъявления штрафных санкций.

Экономико-ресурсный подход. Мы предлагаем расширить область применения экономического подхода в понимании О. М. Ермилова с соавторами (2002) путем учета ресурсного потенциала окружающей природной среды с помощью эколого-экономических показателей, таких как «экосистемные услуги» биосферы (синоним «экологические») в понимании А. А. Тишкова (2005). Особенно значимыми составляющими экосистемных услуг, получающими в настоящее время реальную экономическую оценку, являются рекреационные, биоресурсные и водноресурсные. «Услуги экосистем» в регулировании климата и формировании глобального углеродного баланса становятся предметом учета при международной торговле квотами в рамках Киотского протокола. Примерный перечень «экосистемных услуг» приводится в работах R. Constanza et al., (1997), И. П. Глазыриной (2002), А. А. Тишкова (2005):

— поддержание природного климатического фона, устойчивости глобального и регионального климата;

— стабилизация газовых констант атмосферы, определяющих слабофлуктуирующее поступление на поверхность Земли солнечной радиации и атмосферных осадков;

— преобразование биотой солнечной энергии и ее передача по трофическим цепям, поддержание глобального углеродного баланса, обеспечение многообразия жизни на Земле;

— водорегулирование, водосбережение, определяющие качество воды и доступность ее потребления;

— поддержание устойчивого состояния атмо-, гидро-, педо- и биосферы в целом и на отдельных участках суши, остановок в период миграций и мест оптимального размножения (репродукции), сохранение нерестилищ, колоний птиц, участков, благоприятных для размножения копытных животных, и пр.;

— сохранение и поддержание природного генетического и биохимического разнообразия, селекционной базы и ресурса организмов, обладающих разными полезными для человека свойствами;

— поддержание глобальной биоресурсной составляющей «экосистемных услуг», обеспечение воспроизводства биоресурсов;

— сохранение рекреационных качеств экосистем, их рекреационной емкости и способности к самовосстановлению;

— обеспечение духовных потребностей человека, сохранение гедонических ценностей биоты и экосистем (*от греч. hedone — наслаждение*).

Одной из ведущих «экосистемных услуг» России, напрямую определяющих климаторегулирующую и другие глобальные биосферные функции, является депонирование и эмиссия углерода ее экосистемами. Леса и болотные комплексы ЯНАО депонируют в среднем от 0,3 до 0,5 т CO_2 в год на 1 га площади, леса и болота ХМАО-Югры и юга Тюменской области — от 2,1 до 2,7 т CO_2 в год на 1 га площади (по материалам www.biodat.ru).

С учетом вышеизложенного предлагаемая нами классификация интегральных подходов к оценке воздействия на ОПС показана в таблице 1.

Теоретико-методологическую базу нашего исследования составляет предметно-ориентированный синтез экосистемного и эколого-геоинформационного подходов. *Экосистемный подход* применен нами при анализе ответных реакций основных компонентов таежных экосистем на техногенное воздействие вследствие нефтедобычи. При

этом человек и обусловленное его экономическими интересами техногенное воздействие рассматриваются нами как природный фактор наряду со всеми прочими. Такой подход предполагает исследование взаимосвязей между компонентами окружающей среды и технологическими воздействиями в различных пространственно-временных масштабах на принципе историзма. Под *историзмом* мы понимаем принцип научного познания объективной действительности, в соответствии с которым объекты и явления должны анализироваться как в закономерном историческом развитии, так и в связи с конкретными условиями их существования. Поэтому в монографии представлен ретроспективный анализ воздействия нефтегазодобывающего комплекса на ОПС на протяжении последних 50 лет.

Таблица 1

**Классификация интегральных подходов
к оценке воздействия на ОПС**

Интегральный подход	Содержание оценки
Экосистемный	Анализ ответных реакций биотических компонентов экосистем и изменений ОПС при техногенном воздействии
Медико-экологический	Пространственный анализ естественных и антропогенных эколого-географических предпосылок болезней человека и возникающих на их основе проблемных медико-экологических ситуаций
Эколого-геоинформационный	Формирование информационных фондов ГИС на основе тематического картографирования, анализ и прогноз состояния окружающей среды на базе ГИС-технологий. Установление обратных связей воздействия общества на природную среду и степени устойчивости компонент природной среды к дальнейшим воздействиям на основе анализа многомерных данных
Экономико-ресурсный	Экономическая оценка воздействия на природную среду с учетом «экосистемных услуг» биосферы

Использование экосистемного подхода позволило привести в стройную систему обширный и разносторонний материал, отражающий территориальный и временной аспекты изучения природных экоси-

стем и объектов добычи нефти и разработать дифференцированные мероприятия по рекультивации нарушенных и загрязненных земель. По нашему мнению, всесторонняя оценка экологических факторов, преобразующихся под влиянием производственной деятельности, позволяет рассматривать объекты нефтедобычи и компоненты природной среды не как обособленные системы, а как единую взаимосвязанную систему: *природная среда — техногенное воздействие — мероприятия по восстановлению*.

Эколого-геоинформационный подход применялся нами при оценке масштабов техногенного воздействия, разработке концепции каркаса экологической устойчивости и системы экологического мониторинга территорий месторождений углеводородного сырья. В рамках этого подхода мы проводили ландшафтно-экологический анализ экологических проблем, требующий учета как природных, так и антропогенных факторов, концептуально основанный на учении о геосистемах всех уровней, образующих ландшафтную структуру любой территории. Ландшафтная структура закономерно обусловлена взаимовлиянием различных компонентов природной среды. При этом выделялись природно-территориальные комплексы, образующие иерархически соподчиненные группы или категории (Сочава, 1978). Экологический анализ осуществлялся по естественным территориальным единствам (природно-техническим комплексам, геосистемам) того или иного ранга (Исаченко, 2004). В этом отношении среда обитания людей рассматривалась нами как природное окружение со всеми изменениями, внесенными в него человеком. Структурные части природного окружения (эпигеосферы) — ее зоны, ландшафты, урочища и т. д. — представлялись в качестве региональных и локальных сред обитания человека. Признание принципа иерархической соподчиненности геосистем позволило нам установить определенную соразмерность между масштабами экологических проблем и оптимальными параметрами опорного ландшафтно-географического (экологического) каркаса.

Таким образом, под экологическим анализом мы понимаем проводимую на основе сочетания экосистемного и эколого-геоинформационного подходов оценку влияния комплекса технологических факторов на ОПС в историческом и производственном аспектах освоения месторождений углеводородного сырья. Сочетание экосистемного и эколого-геоинформационного

подходов позволяет проводить всестороннюю оценку экологических условий, трансформирующихся под влиянием производственной деятельности, и рассматривать объекты нефтедобычи и компоненты природной среды как единую пространственно-временную систему, устойчивое состояние которой (некий «гомеостаз») есть основная цель рационального природопользования.

§ 2. КЛАССИФИКАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ НЕФТЕДОБЫЧЕ

Оценка направленности и степени влияния хозяйственного освоения территории, интенсивности техногенного воздействия и выбор оптимальных критериев должны опираться на классификацию (типизацию, систематизацию) антропогенных факторов, которые при нефтедобыче отличаются разномасштабностью, разнохарактерностью, многокомпонентностью и различными временными параметрами проявления. По мнению Н. Л. Чепурко (1978), разработавшего одну из первых классификаций производств по их отношению к природной среде, систематизация антропогенных факторов, воздействующих на природную среду, в первую очередь должна отвечать задачам нормирования и оценки хозяйственной нагрузки. Среди дифференцированных классификаций факторов техногенного воздействия на природные комплексы наиболее полно разработаны классификации теплового (воздействие ММП), механического (трансформация рельефа) и химического воздействия (различного вида загрязнения).

Основной проблемой оценки нарушения является *категоризация* различным образом трансформированных экосистем. Основанием для такой категоризации может служить источник воздействия (Москаленко, 1991) либо степень преобразования экосистем человеком (Виноградов, 1998). В последнем случае, правда, остаются проблематичными критерии определения такого преобразования.

А. В. Огородников и В. С. Хромых (1992) выделяют *три группы* факторов влияния нефтедобычи на геосистемы поймы: *специфические* (загрязнение нефтью и химическими реагентами), *строитель-*

ные (строительство дорог, карьеров, насыпей) и косвенные (увеличение численности населения). В зависимости от масштабности проявления Д. М. Хомяков и П. М. Хомяков (1997) сводят воздействие нефтегазодобывающей промышленности на природную среду к двум классам проблем: 1) прямое уничтожение ряда экосистем в результате строительства, дальнейшей реконструкции и функционирования объекта (группы объектов, целой отрасли); 2) воздействие объектов на экосистемы региона. Первый класс проблем имеет преимущественно локальный характер и не является решающим в обеспечении экологической безопасности.

А. В. Бакланов с соавторами (1998) выделяют следующие типы воздействий нефтедобычи на территории ХМАО-Югры: 1) химическое загрязнение; 2) радиоактивное загрязнение; 3) биологическое загрязнение; 4) загрязнение физическими полями: световое, электромагнитное, шумовое, тепловое; 5) реконструкция рельефа; 6) действия по изъятию, отторжению, уничтожению. Эти воздействия проявляются в следующих средах: 1) приземное пространство атмосферы; 2) вода проточная; 3) вода непроточная; 4) донно-береговые зоны проточных водных объектов; 5) донно-береговые зоны непроточных водных объектов; 6) поверхность сушидола; 7) подповерхностный грунтовый слой; 8) недра.

По мнению С. В. Васильева и Е. В. Вовк (1998), при оценке воздействия на ОПС более ценны те классификации, которые могли бы быть основанием для прогноза. Они предлагают разделять антропогенное воздействие при нефтедобыче на пять групп: а) нарушения, после которых возможно восстановление первоначальных типов сообществ (нарушения не приводят к необратимым последствиям); б) нарушения, после которых восстановление экосистем первоначального типа невозможно, но экосистемы, которые формируются в результате, относятся к естественному ряду (изменения геоморфологии, при которых может быть нарушен водный режим и почвообразовательные процессы, отдельные химические загрязнения, при которых концентрация загрязняющих веществ достаточно низка и близка составу к естественному фону); в) нарушения, после которых восстановление естественных экосистем исключено (загрязнения, содержащие токсичные, устойчивые к разложению химические соединения, а также те, которые могут вызвать генетические изменения

в биоте); г) нарушения, после которых восстановление экосистем без существенного вмешательства человека невозможно (полное разрушение существовавших природных комплексов в результате деятельности человека); д) нарушения, имеющие кумулятивный эффект. При этом предлагается учитывать еще *два важных аспекта* классификации. *Первый* — по масштабу (площадям) проявления следует различать фоновые и локальные воздействия. Локальные касаются только отдельных экосистем. Фоновые воздействия касаются целой совокупности разных экосистем. *Второй* — по принадлежности к отрасли: неспецифические нарушения, не связанные с нефтедобычей, и специфические, непосредственно вызываемые эксплуатацией месторождений (Васильев, Вовк, 1998).

Основываясь на учении И. П. Лаптева о социальном обмене веществ и энергии, Н. И. Лаптев (1998) представляет нефтегазовый комплекс как *сложную систему, состоящую из ряда подсистем* или систем второго порядка:

- захватывающая подсистема представляет собой нефтяные и газовые скважины, скважины для забора артезианской и сеноманской воды, сооружения для забора поверхностных вод, механизмы для добычи песка и гравия и т. д.;

- транспортирующая подсистема включает внутри- и межпромысловые коммуникации (нефте- и газопроводы, водоводы), автомобильный, водный и авиационный транспорт и др.;

- перерабатывающая подсистема состоит из установок по подготовке нефти и газа, нефтеперерабатывающего завода, газокompresорной станции и т. д.;

- выделительная подсистема включает источники выбросов в атмосферу, системы канализации и закачки производственных стоков в пласт, очистные сооружения, полигоны отходов и т. д.;

- социальная подсистема (объекты социальной инфраструктуры).

Выделяются следующие *виды воздействий* нефтегазодобычи на природные комплексы Западной Сибири (Лаптев, 1998):

- прямое изъятие ресурсов (нефть, газ, газоконденсат, сеноманская вода, поверхностные и артезианские воды, нерудные строительные материалы, древесина);

- использование ресурсов (водные ресурсы, земельные ресурсы, ресурсы наземных и водных животных, растительные ресурсы);

— поступление загрязнений в окружающую среду (выбросы в атмосферу, сбросы в водоемы и на рельеф, закачка сточных вод в подземные горизонты, отходы, шум и вибрации, электромагнитное излучение, тепловое и световое загрязнение и прочее);

— изменение рельефа и ландшафта;

— уничтожение части природных ресурсов.

Выполненная Н. И. Лаптевым (1998) экспертная оценка остроты проблемных ситуаций, связанных с функционированием нефтегазового комплекса, в сочетании с классификацией факторов окружающей среды по методу Бателле, показала, что на первом месте стоит загрязнение поверхностных вод, на втором — загрязнение почвенного покрова, на третьем — изменение рельефа.

Проводя анализ состояния окружающей среды на территориях деятельности нефтегазодобычи, Ю. М. Полищук с соавторами (2000) делят все факторы воздействия на природную среду на *три основные группы*:

— механические воздействия, нарушающие поверхность и изменяющие гидрологический режим (пример — изменение гидрологического режима в результате строительства дорог);

— геодинамические воздействия, возникающие из-за изменений пластового давления в результате извлечения из недр больших объемов нефти и газа и приводящие к геоморфологическим трансформациям;

— химическое загрязнение воздушной среды, почв, водоемов и почвенно-грунтовых вод (нефтяные разливы и солевые загрязнения, продукты сжигания попутного газа в факельных установках).

Подробная классификация основных видов негативного техногенного воздействия объектов нефтегазодобывающего комплекса разработана Б. Е. Чижовым (1998). Автор выделяет *четырнадцать* видов воздействий, дифференцируя их по интенсивности на среднюю и сильную степени для каждого типа технологических объектов: 1) сокращение покрытых лесом площадей; 2) трансформация лесных земель; 3) нерациональное использование древесных ресурсов; 4) расчленение лесных массивов, образование неустойчивых кулис и опушек; 5) захламление древесными остатками и стройматериалами; 6) увеличение источников лесных пожаров, повышение пожарной опасности; 7) механическое повреждение растительности и почвенного покрова; 8) термическое повреждение растительности; 9) нарушение гидрологического режима почв (затопление, подто-

пление); 10) загрязнение газообразными выбросами; 11) загрязнение нефтепродуктами; 12) загрязнение минерализованными водами; 13) загрязнение шламом и буровыми растворами; 14) загрязнение химреагентами.

Среди наиболее типичных нарушений природной среды в результате воздействия нефтегазового комплекса на прилегающие территории О. В. Зеркаль (1999) называет: 1) нарушение или разрушение среды обитания животных; 2) нарушение или уничтожение растительного покрова; 3) производственные и аварийные выбросы в атмосферу; 4) загрязнение почвенного покрова и его уничтожение при нарушении дневной поверхности в результате перепланировок рельефа; 5) сбросы и выбросы в поверхностные водоемы и водотоки; 6) нарушение гидродинамического режима и загрязнение подземных вод.

С. А. Бузмаков (2006) классифицирует техногенные факторы нефтедобычи *в соответствии с причинами* их появления: предусмотренные технологией добычи природного ресурса, обусловленные технологией и аварийные. Предусмотренные технологические факторы учитываются при размещении нефтепромыслов: поступление в атмосферный воздух выбросов вредных веществ и механическое воздействие при планировке территорий нефтепромысловых объектов, а также наличие пищевых отходов. Обусловленные технологией факторы постоянно присутствуют при эксплуатации: утечки техногенной жидкости с площадок нефтепромысловых объектов (кусты скважин, ДНС, УПН), поступления с поверхностным и грунтовым стоком в природные водотоки, загрязнение подземных вод вследствие негерметичности в целом процесса добычи нефти и последующее поступление в наземные водотоки и на поверхность. Аварийные нарушения герметичности трубопроводов (нефтяных и водных) приводят к поступлению нефтесодержащей и солесодержащей жидкости в наземные экосистемы, загрязнению поверхностных, почвенных и грунтовых вод.

Учитывая *этапность* освоения месторождений углеводородов, А. П. Хаустов и М. М. Редина (2006) выделяют *первичные* источники техногенеза: транспортные средства в период проведения геологоразведочных работ с целью определения перспектив нефтеносности, в том числе базовые лагеря геологов и геофизиков, строительные машины и механизмы для возведения временных коммуникаций

и жилых поселков, вертолетных площадок, складов ГСМ. *Вторичные* источники техногенеза наиболее часто развиваются из первичных, но проявляются более локализовано и обусловлены стационарными воздействиями. Вторичный техногенез активно проявляется при строительстве более долговечных сооружений (буровых площадок, кустов скважин и других промышленных и хозяйственных объектов), которые в разной степени воздействуют на все компоненты ОПС. Однако спектр таких воздействий более разнообразен по сравнению с первичными, поскольку число механизмов, технологий и используемых материалов резко возрастает. Это же касается и начала образования потоков загрязняющих веществ в ОПС. *Третичная* стадия динамики техногенеза возникает при эксплуатации уже сложившейся инфраструктуры добывающего предприятия. Чаще для приповерхностной части литосферы она проявляется в виде развития нежелательных экзогенных процессов, связанных с эксплуатацией стационарных устройств (Хаустов, Редина, 2006).

Схему типизации техногенных воздействий на ММП при газодобыче, основанную на *разделении и оценке вклада целенаправленных и стихийных* (непреднамеренных) воздействий, предлагает Э. Д. Ершов (1990): для рационального использования и охраны природной среды при хозяйственной деятельности в криолитозоне особое значение имеют непреднамеренные воздействия на изменения климата, которые могут охватывать большие территории в результате ряда нарушений экологической обстановки. Целенаправленные воздействия обычно подразделяются по своей природе на механические, физические, химические, биологические и др. Причем за первыми закрепилось название нагрузок, а за остальными — воздействий (Ершов, 1990).

В. В. Ремизов с соавторами (2000) предлагает воздействия на ММП разделить на две группы: нарушения условий теплообмена в системе «мерзлый грунт — атмосфера» и прямые тепловые нагрузки на массив мерзлых пород. Нарушения граничных условий на поверхности ММП характерны для стадии обустройства и связаны с комплексом строительно-монтажных работ. При этом на ландшафты оказываются *три типа воздействий*: нарушение свойств почвенно-растительного покрова; изменение условий снегонакопления; изменение режима поверхностного и внутригрунтового стока.

Последствия этой группы воздействий — изменения температурного режима ММП, глубины сезонного оттаивания и активизация комплекса криогенных процессов. Для стадии эксплуатации более характерны прямые тепловые воздействия на массив ММП. Добыча газа с положительной температурой приводит к формированию приустьевых воронок и ореолов оттаивания вокруг стволов скважины, что сопровождается обвалами грунта, искривлением и деформациями лифтовых колонн. Вокруг трубопроводов с положительной температурой транспортируемого продукта образуются техногенные талики, что сопровождается локальным термокарстом, термоэрозией и нередко приводит к всплыванию трубы (Ремизов и др., 2000).

В зависимости от времени приложения все техногенные воздействия при нефтегазодобыче в зоне ММП О. М. Ермилов с соавторами (2002) подразделяют на постоянные, временные и импульсные. Время приложения *постоянных* воздействий определяется сроком поддержания в заданном виде и режиме создаваемых техногенных факторов, например, сроком эксплуатации сооружений. *Временными* принято называть воздействия, продолжающиеся на протяжении ряда лет, к примеру, период разведки месторождений или производства строительных работ. Время приложения *импульсных* воздействий (разовые изменения мощности и плотности снежного покрова, уплотнение или деформация почвенно-растительного слоя и др.) не превышает одного сезона. Они, как правило, вызывают изменения геоэкологических условий лишь в деятельном слое, в то время как временные и особенно постоянные воздействия могут привести к изменению теплового состояния пород на большую глубину, вплоть до оттаивания мерзлой толщи (Ермилов и др., 2002).

Методический подход к классификации антропогенных нагрузок при химическом воздействии на природные ландшафты (химическое загрязнение) разработан М. А. Глазовской (1998), и в настоящее время он широко применяется для нормирования загрязняющих веществ в природных экосистемы и оценки биогеохимического состояния почв и растительного покрова. Используя эти методики, Н. П. Солнцева (1982, 1998) применительно к нефтедобыче предлагает выделять следующие *типы и виды воздействий*: а) геохимически активные и геохимически инертные, б) периодические и постоянные, в) обладающие и не обладающие кумулятивным эф-

фектом, г) имеющие порог трансформации выше и ниже местного. В качестве *критериев* возможной интенсивности нагрузки она называет: 1) кларки элементов, отражающие их природную распространённость и косвенно — возможную адаптированность к ним организмов; 2) кларки концентраций элементов, характеризующие превышение содержания того или иного элемента в местных техногенных потоках относительно его природной распространённости. К *особой группе* относятся вещества, неизвестные в природной обстановке и возникающие в процессе промышленного синтеза, попадающие в природные ландшафты с потоками загрязняющих веществ или отходами (Солнцева, 1982).

При химическом антропогенном воздействии изменения в природной среде выражаются в нарушении биогеохимической организованности и загрязнении экотопов. По определению А. М. Рябчикова и Ю. Г. Ермакова (1978), загрязнение — это совокупность процессов в геосистемах при изменении в них нормального фона концентрации веществ, т. е. такое их поступление, при котором превышаются пороговые концентрации, а, следовательно, и ёмкость геосистемы. В. В. Козин и В. А. Петровский (2005) определяют загрязнение окружающей среды как привнесение в среду не свойственных ей живых или неживых компонентов, физических или структурных изменений или возникновение в ней новых, обычно не характерных для нее физических, химических, информационных или биологических агентов, приводящее к выводу природной системы из состояния равновесия и негативное для человека. Авторами выделяются четыре группы загрязнений: *ингредиентное* (химическое), представляющее собой совокупность веществ, количественно или качественно чуждых природным геосистемам; *параметрическое* (физическое) загрязнение, связанное с изменением качественных параметров окружающей среды; *биоценотическое* загрязнение, заключающееся в воздействии на состав и структуру популяций живых организмов; *стацциально-деструкционное* загрязнение, представляющее собой изменение геосистем в процессе природопользования, связанного с оптимизацией природы в интересах человека. При этом под антропогенным загрязнением понимается загрязнение, возникающее в результате деятельности людей, в том числе их прямого или косвенного влияния на интенсивность природного загрязнения (Козин, Петровский, 2005).

По мнению Ю. В. Романенко (1999), *общие экологические следствия* поступления загрязнителей в природную среду в районах добычи и транспортировки углеводородного сырья сводятся к а) изменению свойств почв и почвенного покрова; б) загрязнению поверхностных и почвенно-грунтовых вод и донных отложений; в) изменению химического состава растений и трансформации растительного покрова; г) общей деградации ландшафтов и изменению социально-экономических условий жизни населения.

Основные последствия химического загрязнения окружающей среды при нефтегазодобыче для природной и социальной сред приводятся в монографии Д. В. Московченко «Нефтегазодобыча и окружающая среда: эколого-геохимический анализ Тюменской области» (1998): следствиями загрязнения являются деградация почв и растительности, сокращение рыбных запасов, охотничьих ресурсов. В свою очередь это приводит к росту материальных затрат на восстановление природных ресурсов.

Классификацию техногенного преобразования почвенного покрова при нефтегазодобыче, сочетающую механическое воздействие и химическое загрязнение, предложил А. П. Садов (2003). Он выделяет *два варианта воздействия*:

1. Собственно техногенный: появление глубоко химически преобразованных почв, иногда вообще не имеющих естественных природных аналогов (битуминозные солончаки по профилю органогенных или минеральных почв). К ним относятся почвы, трансформация которых связана с влиянием техногенных потоков различного химического состава.

2. Природоподобный: возникает в результате техногенно-обусловленного замещения одних природных почв другими. К ним относятся почвы, трансформация которых связана преимущественно с изменением их гидрологического режима — развитием (усилением) в профиле гидроморфизма или иссушением.

На территории лесотундровых ландшафтов Западной Сибири в пределах промыслов по добыче углеводородного сырья вследствие текущего или завершившегося техногенно спровоцированного процесса выделяются следующие почвы: а) битуминизированные или битуминизирующиеся, б) засоленные или засоляющиеся, в) ощелаченные или ощелачивающиеся, г) оглеенные или оглеивающиеся (Садов, 2003).

С нашей точки зрения, большой интерес представляют классификации *ответных реакций* экосистем, основанные на оценке показателей устойчивости и обратимости антропогенных трансформаций.

В. А. Ефимов (2000) пишет о том, что любое промышленное воздействие на природу (в том числе сооружение и эксплуатация объектов нефтегазодобычи) характеризуется ответной реакцией со стороны окружающей среды, выражающейся *в трех формах*:

1) адаптационной (локальным, статистическим смещением равновесия);

2) восстановительной (или самовосстановительной), характеризующейся полным возвратом экосистемы объект — природа в исходное состояние;

3) частично восстановительной (или невозстанавливаемой), характеризующейся необратимым сдвигом экосистемы от исходного равновесного состояния.

Е. В. Сидорова с соавторами (1994) выделяют следующие *степени нарушения почвы* в условиях антропогенного воздействия на объектах Газпрома:

1) сильная (необратимая деградация части свойств, запечатленная в морфологическом строении и ведущая к деградации растительности);

2) средняя (обратимые изменения свойств, налагающие отпечаток на морфологию и ведущие к деградации растительного покрова);

3) слабая (изменения почвенных свойств обратимого характера, не налагающие отпечаток на морфологию, но влияющие на рост растений).

Для характеристики общих направлений трансформации экосистем при добыче нефти предлагаем свою классификацию видов воздействий, основанную на учете *временного фактора*. Все воздействия разделяются на *разовые* и *длительные*. *Разовые воздействия* оказываются однократно в короткий отрезок времени (не более года) и характеризуются преобладанием восстановительных процессов над деградационными в ходе сукцессионных преобразований основных элементов ОПС. Примерами разовых воздействий являются:

- вырубка просек при проведении сейсморазведочных работ;
- минерализация почвы и уничтожение растительного покрова при геологоразведочном бурении, после которого скважины ликвидируются;

— минерализация почвы и уничтожение растительного покрова на землях временного отвода при строительстве объектов инфраструктуры месторождений;

— разрушение естественных и создание антропогенных форм мезорельефа, минерализация почвы и уничтожение растительного покрова при разработке карьеров торфа и песка (сухоройных и гидронамывных).

Как правило, после завершения техногенного воздействия в той или иной форме (вырубка древостоя, минерализация почвы, создание антропогенных форм рельефа) сразу же начинаются восстановительные процессы растительного и почвенного покровов по типу естественных сукцессий. Исключения составляют случаи, когда разовое техногенное воздействие приводит к активизации природно-антропогенных экзогенных процессов (по Котлову, 1978): осыпям, плоскостной эрозии почв, оврагообразованию, речной эрозии, заболачиванию, термокарсту и пр. Наиболее яркий пример — формирование природно-техногенных песчаных раздувов на Суторминском месторождении. Рекультивация объектов разового воздействия обусловлена именно необходимостью предотвращения механического разрушения поверхности почвы и естественного рельефа.

Длительные воздействия объектов нефтедобычи на ОПС оказываются многократно или постоянно на протяжении многих лет и представлены в *трех формах*: стабильные, нарастающие и возвратные. Причинами *длительных стабильных* воздействий являются исходные техногенные воздействия (строительство технологических объектов постоянного использования и их функционирование в период освоения и эксплуатации месторождений), когда деградационно-восстановительные процессы в нарушенных экосистемах находятся в равновесном состоянии. Примерами такого рода воздействий могут служить:

— вырубка подроста древесных видов растений при периодической расчистке обочин дорог и просек ЛЭП;

— непрерывное механическое воздействие на почвенный покров и уничтожение растительности в пределах постоянных отводов под нефтепромысловые объекты, а также создание технологических покрытий и сооружений, препятствующих восстановлению растительности и почвы;

— тепловое и химическое воздействие факельных хозяйств, работающих в нормативном режиме.

Длительные нарастающие воздействия обусловлены: а) постоянно функционирующими технологическими объектами, когда происходит усиление техногенного пресса за счет эффектов суммации во времени и наложения негативных факторов; б) дообустройством месторождений и появлением новых технологических объектов. В этих случаях деградационные процессы в экосистемах преобладают над восстановительными как на всей территории промыслов, так и в каждом конкретном случае. Примерами длительных нарастающих воздействий могут служить:

- загрязнение промышленными и бытовыми стоками поверхностных и грунтовых вод, а также смыв нефтепродуктов с замазанных водосборов в гидрологическую систему нефтедобывающего региона;

- антропогенные пожары;

- нефтесолевое загрязнение почвы, поверхностных и грунтовых вод в результате порывов нефтесборных коллекторов и трубопроводов системы ППД;

- миграции загрязнителей из шламовых амбаров и мест складирования химических реагентов.

Причинами *длительных возвратных* воздействий являются аварии на эксплуатируемых, законсервированных и ликвидированных объектах, повторные нарушения или загрязнения территорий. При этом восстановление экосистем происходит с начальных стадий. Примерами возвратных воздействий могут служить:

- повторные нефтесолевые загрязнения территорий при порывах коллекторов и утечках из шламовых амбаров;

- открытые нефтяные и водяные фонтаны и утечки с устьев скважин, грифоны при неизбежных процессах разрушения скважин вследствие коррозии обсадных колонн и устьевого оборудования, а также разрушения цементных мостов.

Таким образом, освоение нефтяных месторождений приводит к формированию «мозаичных очагов» техногенно нарушенных территорий, находящихся на стадии восстановления, в равновесном состоянии либо подвергающихся дальнейшей деградации.

Необходимо отметить, что любая попытка систематизации природных явлений всегда имеет элемент искусственности, поэтому, предлагая свою классификацию видов воздействий, мы не претендуем на всеобщий охват разнообразнейших природных, природно-

антропогенных и антропогенных процессов, свойственных нефтедобыче, а лишь стремимся выделить еще одну грань возможного анализа закономерностей преобразования ОПС в результате деятельности человека.

§ 3. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основу нашей работы составляют многолетние исследования (1985–2006 гг.) по изучению воздействия нефтедобывающего комплекса Тюменской области на экосистемы таежной зоны. Экспедиционными маршрутными и многолетними стационарными исследованиями охвачена практически вся таежная зона, где осуществляется добыча углеводородного сырья (рис. 3).

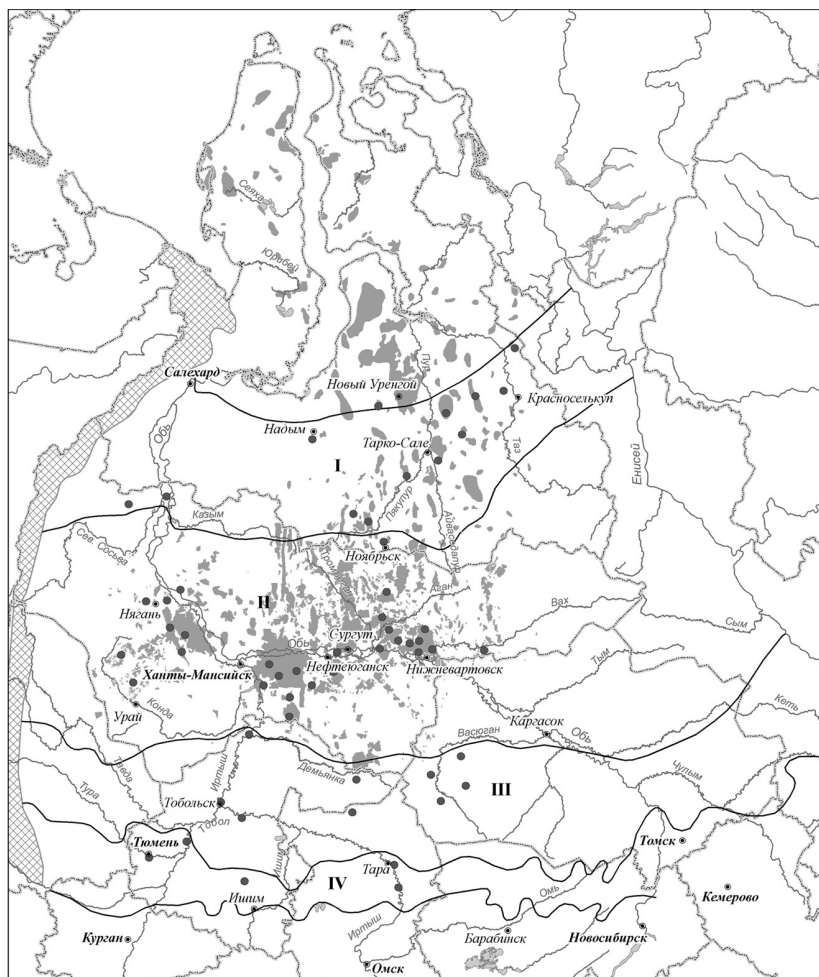
Нами исследовано техногенное влияние нефтедобычи на основные компоненты таежных экосистем на всех стадиях освоения месторождений, а также проведены экспериментальные работы по оценке и совершенствованию различных технологий рекультивации нарушенных и загрязненных земель. В целом обследовано более 30 месторождений нефти, заложено более 50 постоянных пробных площадей экологического мониторинга и изучения деградационно-восстановительных процессов, оборудовано 12 гидрологических постов, отобрано и проанализировано более 10 тыс. проб природных сред, проанализировано и дешифрировано более 500 тыс. км² космоснимков. В круг исследований были включены:

- естественные компоненты природной среды: атмосферный воздух, поверхностные воды, почвенный покров, ландшафты, растительный и животный мир;

- объекты и процессы природно-антропогенного характера, имеющие естественное происхождение, но измененные в результате нефтедобычи: экзогенные геоморфологические процессы и явления, сукцессионные преобразования в нарушенных экосистемах и пр.;

- загрязнение и нарушение компонентов природной среды, происходящие при нефтедобыче;

- биологическая рекультивация природных объектов, загрязненных нефтью и нефтепродуктами.



Условные обозначения

● Населенные пункты	— Границы подзон таежной зоны
— Административные границы	I - северная тайга
▨ Горные территории	II - средняя тайга
■ Месторождения углеводородов	III - южная тайга
● Районы проведения исследований	IV - подтайга

Рис. 3. Расположение районов исследований

При выполнении исследований использованы: а) экспериментальный метод — моделирование ситуации для изучения ответных реакций живых организмов на дозированные воздействия; б) метод экологического мониторинга, позволяющий в режимных многолетних наблюдениях за состоянием и функционированием экосистем определять реакции, чувствительность и устойчивость основных компонентов экосистем под влиянием внешних воздействий; в) из географических методов использованы методы картографирования на основе ГИС-технологий и ландшафтно-экологического подхода с использованием аэрокосмических снимков высокого разрешения, дающих возможность проводить интегральную оценку воздействия на окружающую среду; г) геохимические методы анализа природных сред, позволяющие получать сведения об уровне химического загрязнения в результате техногенеза; д) гидрологические методы анализа состояния и динамики водных объектов.

Биологические (биогеоэкологические, микробиологические) методы использованы для:

- изучения динамики деградационно-восстановительных процессов в экосистемах при эксплуатации и после ликвидации объектов нефтедобычи;

- оценки воздействия нефтесолевого загрязнения на растительность и почвенных беспозвоночных;

- изучения влияния сырой нефти и ее фракций на процессы роста и развития проростков древесных и травянистых растений;

- изучения микробиологического разнообразия нефтезагрязненных и чистых почв, а также естественных водоемов в районах нефтепромыслов;

- оценки эффективности технологий рекультивации нефтезагрязненных водоемов и почв.

В ходе работ по изучению динамики деградационно-восстановительных процессов в экосистемах при строительстве, эксплуатации и после ликвидации объектов нефтедобычи обследовано более 100 ликвидированных и законсервированных геологоразведочных скважин и действующих кустов скважин (Аганское, Федоровское, Западно-Салымское, Вадельпское, Верхне-Салымское, Мамонтовское, Западно-Малобалыкское, Суторминское месторождения), территории 10 нефтебаз (Тюменская область: Тюменская, Ярковская, Тобольская, Демьянская, Вагайская; Омская область: Куломзинская,

Москаленская, Марьяновская, Евгашинская и Екатерининская). На 52 разведочных площадках и на территориях нефтебаз проводилось детальное картирование с помощью GPS-навигатора, оценивалось общее экологическое состояние территории (состояние устья скважин, наличие производственных и бытовых отходов, разливов нефти и пр.), отбирались образцы почвы и донных отложений шламовых амбаров для химических анализов, определялся тип почвы по почвенной яме, описывалось состояние растительности (видовой состав древесной растительности и сомкнутость крон, количество подроста древесных растений по видам, общая проекция живого напочвенного покрова), фиксировались следы жизнедеятельности позвоночных животных.

Составлены экологические паспорта 27 шламовых амбаров эксплуатационного бурения на Мамонтовском, Средне-Балыкском, Среднеугутском, Малобалыкском, Усть-Балыкском, Фаинском и Петеленском месторождениях.

Оценка воздействия нефтесолевого загрязнения на растительность и почвенные беспозвоночные проводилась на постоянных и временных пробных площадях. К мезофауне отнесены крупные почвенные беспозвоночные, легко учитываемые при ручной разборке образцов грунта, такие как дождевые черви, многоножки, моллюски, имаго и личинки многих отрядов насекомых. Для изучения абсолютных значений численности, биомассы и видового состава педобионтов применялся наиболее универсальный и доступный способ учета — выкопка почвенных проб размером 25 x 25 см с ручной послойной разборкой выбранной земли (Программа и методика..., 1974; Гиляров, 1975). Динамическая плотность и активность крупных подстилочных беспозвоночных учитывались с помощью ловушек Барбера без фиксатора, представляющих собой вкопанные в грунт стеклянные полулитровые банки с диаметром горловины 7,4 см (Тихомирова, 1975, Kushka et al., 1987). В местах раскопок учетных площадок отбирались образцы почвы в интервалах глубин, соответствующих слоям ручных разборок, для определения содержания общего нефтепродукта и солей. В сходных лесорастительных и почвенных условиях в непосредственной близости от изучаемого разлива закладывалась контрольная площадка, на которой проводились те же работы, что и на разливе, за исключением отбора образцов почв. Отсутствие нефтепродуктов в почвах контроля определялось методом хлороформенной экстракции

грунта в полевых условиях, а отсутствие солевого загрязнения — органолептически. В ходе работы обследовано более 28 разливов нефти и 2 разлива минерализованных вод, заложено 26 пробных площадей, учтено более 10 тыс. экземпляров беспозвоночных. Рядом, в сходных лесорастительных условиях, закладывался контроль с однотипной схемой размещения и равным количеством ловушек. Попавшие в ловушки животные учитывались ежедневно в одно и то же время и фиксировались для определения. В ходе работы заложено 8 пробных площадей, отработано 700 ловушко-суток.

Картирование нефтяного загрязнения проводилось методом наземного маршрутного обследования территорий месторождений. Обследованы следующие месторождения: Аганское, Южно-Аганское, Ватинское, Мегионское, Мыхпайское, Смотлорское (территории НГДУ «Белозернефть» и «Приобьнефть»), Мало-Черногорское, Мамоновское, Петелинское, Правдинское, Усть-Балыкское, Южно-Балыкское, Асомкинское, Угутское, Омбинское, Южно-Сургутское, Федоровское, Суторминское. При обследовании отмечались:

- местонахождение, площади и конфигурации разливов нефти;
- концентрация остаточных нефтепродуктов в почвенных горизонтах;
- наличие несобранной нефти, сопутствующего солевого загрязнения, захламления и других факторов, определяющих технологию рекультивационных работ;
- почвенно-гидрологические условия, определяющие способы обработки и возможности применения машин и механизмов при сборе загрязнителей и рекультивации почв;
- состояние растительного покрова (древостоя, подроста, травяно-мохового яруса).

Для лабораторного анализа содержания нефти отбирались средние образцы почвы по горизонтам, включая лесную подстилку, до выраженной переходной границы с незагрязненным слоем. Глазомерно определялись: сохранность древостоя, подроста, проекция живого напочвенного покрова с выделением доминирующих видов. По всем обследуемым участкам давалась предварительная оценка необходимости рекультивационных работ с указанием технологии их проведения. По материалам, полученным в ходе полевых и лабораторных исследований, составлялись карта-схема нефтяного загрязнения и итоговая ведомость с характеристикой загрязненных участков.

Химические анализы природных сред проводились по стандартным методикам в аккредитованных лабораториях химико-аналитического центра «Тайфун» (г. Обнинск), ФГУ СИАК по УрФО (г. Тюмень), ФГУ СИАК по ХМАО-Югре (г. Ханты-Мансийск), СибрыбНИИпроект (г. Тюмень), лаборатории экологических исследований химического факультета ТюмГУ, лаборатории биологических исследований НИИ экологии ТюмГУ. В целом в работе использованы результаты более 20 тыс. химических анализов по качественному и количественному содержанию нефтепродуктов, минеральных солей, ПАВ, тяжелых металлов и прочих ингредиентов в поверхностных водах, донных отложениях, естественных и техногенных почвах, в шламовых амбарах, в атмосферном воздухе.

ГЛАВА 2

ЭТАПЫ ОСВОЕНИЯ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ОСНОВНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

§ 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИСТОРИЧЕСКИХ ЭТАПОВ ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В настоящее время разработано несколько классификаций стадийности освоения месторождений углеводородного сырья в зависимости от экологических последствий. Е. В. Сербина (2003) выделяет *пять стадий* освоения нефтяных месторождений Каспия: геологоразведочный (прединвестиционный, региональный, подготовка к поисковому бурению, поиск месторождений), разработка (обустройство, эксплуатация), первичная обработка и переработка углеводородов (первичная обработка, транспорт, строительство и эксплуатация нефтеперерабатывающих заводов), ликвидация (ликвидации эксплуатационных объектов), постпроектная.

А. П. Хаусов и М. М. Редина (2006), учитывая новую экономическую политику государства в области передачи прав на разработку месторождений, *выделяют также пять стадий* освоения нефтяных месторождений на суше: 1) приобретение прав на разведку, обустройство и разработку; 2) геологоразведочные работы; 3) пробная эксплуатация месторождений; 4) эксплуатация месторождений (промышленная разработка); 5) завершение эксплуатации месторождений. По нашему мнению, выделение пробной эксплуатации в особый этап *неоправданно* по двум причинам: *во-первых*, для пробной эксплуатации строятся опережающие эксплуатационные скважины с трубопроводной системой нефтесбора, установки подготовки нефти и утилизации попутного газа. Это означает начало полномасштабного обустройства и эксплуатации месторождения со всеми сопутствующими экологическими последствиями. *Во-вторых*, если пробная эксплуатация проводится на существующих геологоразведочных скважинах, то экологические последствия этого процесса минималь-

ны (дополнительные объекты не строятся, отбор продукции скважин осуществляется, как правило, в автоцистерны). В соответствии с Правилами разработки нефтяных и газонефтяных месторождений (1987), следует различать пробную эксплуатацию разведочных скважин и пробную эксплуатацию залежей или их отдельных участков.

А. В. Солодовников (2007) разделяет освоение на *четыре этапа*: геологоразведочные работы, бурение, обустройство и эксплуатация месторождений. При *геологоразведке* основные виды воздействия сводятся к прокладке профилей, проведению буровзрывных работ. На этом этапе окружающая среда подвергается слабым нарушениям, которые не всегда можно проследить при натурных обследованиях. Следующие этапы — *бурение скважин* и *обустройство месторождений* — включают сооружение буровых площадок, обустройство площадок по подготовке и переработке нефти, газа, конденсата, строительство автодорог, трубопроводов, линий электропередач. При осуществлении этих работ появляются отходы, а их утилизация связана с совершенствованием технологических процессов, со строительством соответствующих полигонов и мобильных установок. Экологические последствия проявляются в геомеханических, гидрологических, гидрогеологических и биоморфных нарушениях. Этап *эксплуатации месторождений* — это проведение текущего и капитального ремонта оборудования, слежение за его функционированием. Виды воздействия — водопотребление и водоотведение, выбросы загрязняющих веществ, шум, образование отходов; степень воздействия — локальная (Солодовников, 2007). По нашему мнению, такое деление не совсем корректно: во-первых, совершенно неверно сводить все геологоразведочные работы только к сейсморазведке. Во-вторых, неправомерно объединять геологоразведочное бурение при поиске месторождений и промысловое бурение при обустройстве кустов скважин в одну категорию «бурение скважин» вследствие значительных различий в технологиях работ, масштабах и видах воздействий на прилегающие территории. С «локальным» уровнем воздействия на стадии эксплуатации месторождений согласиться трудно.

А. П. Садов с соавторами (2008) выделяют *четыре этапа* освоения: поиск месторождений, разведка месторождений и обустройство промыслов, эксплуатация месторождений и прекращение эксплуатации месторождений. При этом авторы, описывая основные источники воздействия на окружающую среду, разделяют этапы на работы *без осложнений* и *аварийный* режим работы (Садов и др., 2008).

В указанной публикации авторы никак не комментируют, что отличает этап поиска месторождений от их разведки. Причем в таблице, иллюстрирующей этапы воздействия и основные источники воздействий на окружающую среду, часто в столбце «... источники ...» упоминаются последствия: разливы нефти и нефтепродуктов, выбросы газа и конденсата, разливы пластовых и сточных вод и т. п. Кроме того, авторы утверждают, что интенсивность воздействия нефти и нефтепродуктов на природную среду непосредственно связана с ростом добычи углеводородного сырья и объемом его переработки. В качестве доказательства приводится динамика добычи нефти и ее переработки за период 1991-2004 гг. Нами рассчитан коэффициент корреляции между данными официальной статистики количества аварийных разливов нефтесодержащих вод и уровнем добычи нефти по ХМАО-Югре: он недостоверен и составляет «-0,02». В 1995 и 1996 гг., когда уровень добычи был минимален (169,1 млн т и 164,6 млн т), число аварий и количество разлившейся нефтесодержащей жидкости были максимальны (3 137 шт. разливов в 1995 г. и 33 522 т загрязняющих веществ с нефтью в 1996 г.). Следовательно, *само по себе увеличение добычи нефти не является* фактором, прямо определяющим рост негативного воздействия нефтяного загрязнения на ОПС (особенно в указанный отрезок времени).

Анализ временной последовательности технологических операций, решаемых задач и их экологических последствий позволил нам разделить весь процесс воздействия нефтегазодобычи на природные комплексы Западной Сибири *на четыре этапа*: разведочный, строительный, добывающий и ликвидационный. Выделение данных этапов основано, с одной стороны, на целевой взаимообусловленности технологических процессов, а с другой — на особенностях и масштабах экологического воздействия на окружающую среду на каждом из них.

Характерной чертой рассматриваемого региона в настоящее время является хронологическое сосуществование всех этих этапов. Такая ситуация обусловлена, с одной стороны, продолжающимся геологическим изучением территории области и открытием новых месторождений, а с другой — освоением разведанных ранее месторождений и продуктивных пластов. После выработки ресурса объекты нефтедобычи могут ликвидироваться на любом из этапов. В районах нефтедобычи ОПС постоянно подвергается специфическому комплексу техногенных воздействий, стадийное развитие которых проиллюстрировано эталонными фрагментами космоснимков (рис. 4).

Этапы разведки



Разведочная скважина



Сейсмопрофили

Этапы строительства



Кустовая площадка



Коридор коммуникаций



Сухой карьер



Разведочная скважина

Этап добычи



Вахтовый поселок



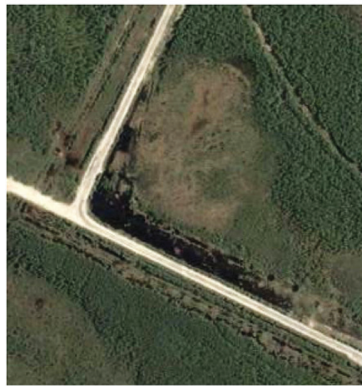
Площадка ДНС



Кустовая площадка



Факельное хозяйство



Подтопление



Грунтовые дороги

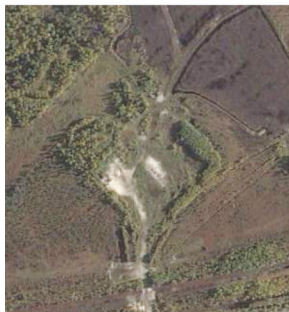


Нефтяное загрязнение



Рубка леса

Этап ликвидации



Кустовая площадка



Гидронамывной карьер

Рис. 4. Изображение объектов нефтедобычи со снимка Quick Bird (пространственное разрешение 2,5 м, Google Earth)

История целенаправленного поиска углеводородного сырья в Западной Сибири началась с момента подписания 17 января 1903 г. Министерством земледелия и государственных имуществ Российской империи документа о взимании подесятинной платы за разведку на нефть в пределах Тобольской, Томской и Енисейской губерний в размере 1 руб. (Биография ..., 2003). По утверждению В. Е. Копылова (2006), в 1911 г. в окрестностях г. Тюмени проводилось бурение скважины глубиной 30 м для проверки предполагаемого нефтепроявления. В 2004 г. газета «Новости Югры» в рамках проекта «История поиска» опубликовала материал о скважине, пробуренной на нефть в 1912 г. возле деревни Юрты Цингалинские экспедицией из г. Омска. Известно, что место ее заложения выбиралось по признакам нефтепроявления подземных ключей, а глубина была не более первых сотен метров.

В 30-е гг. XX в. поиски углеводородного сырья за Уралом методом проверки поверхностных газо- и нефтепроявлений активизировались, но на территории Тюменской области они не приобрели масштабного характера. Основной объем специальных нефтепоисковых работ, включавших вертикальное электрическое зондирование, гравиметрическую и газовую съемку, бурение и исследование колонковых и единичных глубоких роторных скважин, пришелся на прилегающие регионы (восток Свердловской области, Усть-Порт, Омскую и Новосибирскую области).

Для водоснабжения ряда железнодорожных станций Трансводстроем с 1935 г. проводилось бурение глубоких (до 1 800 м) артезианских скважин. Инициаторами осуществления этого сложного вида бурения роторными станками являлись Н. М. Козлов и Я. А. Сиднев. В результате буровых работ на станциях Макушино, Смирново, Кыялы, Ганькино и последующей палеонтологической обработки поднятых из скважин образцов шлама и керна, выполненной научными сотрудниками ВНИГРИ В. Н. Субботиной, В. С. Заспеловой и др., было установлено наличие целого ряда характерных микрофаунистических комплексов. Это было использовано для составления стратиграфической схемы рыхлых отложений Западно-Сибирской низменности в сводной работе Н. П. Туаева (1941) (Биография ..., 2003). В соответствии с предложенной Н. П. Туаевым стратиграфической схемой намечена и тектоническая схема, в которой был выделен ряд

несогласий и длительных перерывов в осадконакоплении. Схема Н. П. Туаева в 1944 г. уточнена и расширена А. К. Богдановичем на основе данных, полученных при бурении ряда новых скважин Трансводстроя (на станциях Купино, Татарской, Убинской и Называевской) и Асановской группы скважин нефтеразведки. Эти схемы послужили основой для прогнозов нефтегазоносности южных районов Тюменской области. Масштабный поиск нефти и газа в Западной Сибири прервала Великая Отечественная война.

В 1947 г. коллективом геологов под руководством академика Д. В. Наливкина разработана, а в 1950 г. при участии Н. Н. Ростовцева существенно дополнена программа геофизических работ и опорного бурения, охватившая практически всю территорию Тюменской области. С 1948 г. начинается планомерное проведение мелкомасштабных аэромагнитных и гравиметрических съемок, региональных сейсмических работ методом отраженных волн (МОВ), бурение опорных скважин. Максимальные объемы сейсморазведочных работ отмечены в 1990 г. (54 тыс. погонных км), а максимум годовой проходки при строительстве скважин составил 2388000 м в 1998 г.

Первоначально опорное и поисковое бурение как на юге, так и на севере Западной Сибири не давало положительных результатов, поэтому было принято решение о прекращении буровых работ. Однако в сентябре 1953 г. был получен аварийный промышленный приток газа из Березовской опорной скважины. С этого момента пошло наращивание объемов сейсморазведочных работ и поискового бурения в северных районах Тюменской области, но понадобилось 7 лет, чтобы получить первую нефть Шаима и нефтяные фонтаны Усть-Балыка, известившие об «открытии века» — Западно-Сибирской нефтегазонасной провинции. С 1948 по 1961 г. тюменские геологи увеличили годовой объем глубокого бурения с 1,47 до 156,3 тыс. м (Биография ..., 2003). В начале 1960-х гг. главные задачи стадии прогноза нефтегазоносности для мезозойского разреза Тюменской области были фактически решены: выделены основные нефтегазонасные комплексы и намечены эффективные методы изучения зон нефтегазонакопления.

Представление об объемах глубокого бурения и местоположении опорных и поисково-оценочных скважин до открытия промышленных нефтяных залежей дает рис. 5. Обращает на себя внимание

расположения большинства скважин на берегах рек, т. е. в пределах современных водоохранных зон. В то время водоохранные зоны рек региона законодательно не устанавливались, а сами реки служили главными транспортными артериями для завоза бурового оборудования. Определяющим фактором выбора точки заложения опорных и поисковых скважин являлось геологическое обоснование, строившееся на данных геофизических исследований. Перспективная на нефть и газ зона покрывалась сетью сейсмических профилей (2 x 4-6 км), которые привязывались к параметрической (ранее или вновь пробуренной) скважине. Площадь техногенного воздействия на природные экосистемы в 1950-1960-е гг. в значительной мере определялась площадью сейсмических профилей и мест базирования сейсморазведочных партий.

Геологоразведочные работы на стадиях выявления и подготовки поисковых объектов (датируются 1953 г.) сначала охватили Березовский район и юг Тюменской области, в 1960-е гг. переместились в Шаим и Краснотуркменский район, Широтное Приобье, Надым-Пурское междуречье, в 1970-е гг. распространились на Ямал, в Пур-Тазовское междуречье, бассейны рек Б. Юган и Демьянка, в 1980-е гг. в поисковую зону добавились земли Гыдана, Полуёйской возвышенности, верховий реки Вах. Кроме того, в 1970-е гг. геологоразведчики были ориентированы на поиск углеводородных скоплений в глубоко залегающих нижнемеловых и юрских нефтегазоносных комплексах. В Надым-Пурском междуречье в пределах выявленных газовых месторождений (в сеноманском комплексе) выполнялись поисково-оценочные работы в неокме, приведшие к открытию крупнейших газоконденсатных месторождений.

В конце 1960-х гг. утвердились основы лесного законодательства СССР и начаты широкомасштабные работы по лесоустройству в Тюменской области. При планировании и проведении геофизических работ обозначились требования по сохранению кедровников и прочих ценных лесов, минимизации объемов технологических вырубок, рациональному использованию древесины и приведению в порядок участков вырубки, а также надлежащему содержанию просек в процессе проведения всего цикла геофизических работ с целью создания впоследствии благоприятных условий для естественного самовозобновления леса, уменьшения пожароопасности и развития вредных насекомых и грибковых заболеваний. Оптимизировано передвижение транспортных средств по

профилю, особенно на суходолах в летнее время, что уменьшило нарушение почвенного и растительного покрова, снизило пожароопасность, ускорило самовосстановление профиля.

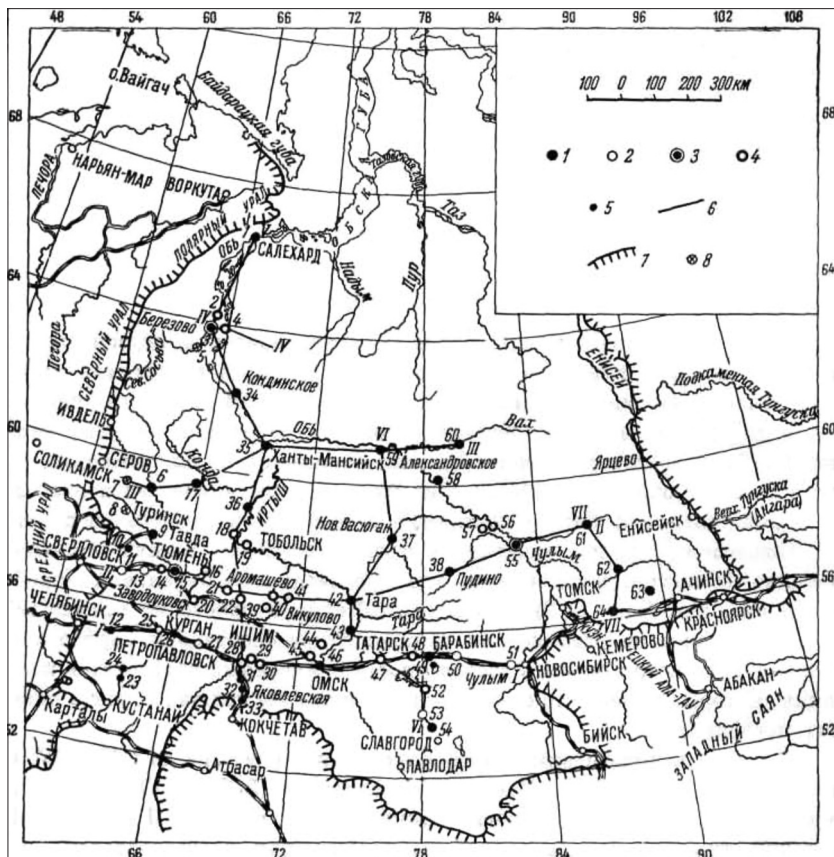


Рис. 5. Карта расположения скважин и сейсмических профилей:
 1 — опорные скважины; 2 — глубокие разведочные скважины; 3 — опорные скважины и группа глубоких разведочных скважин; 4 — группа глубоких разведочных скважин; 5 — разведочные и поисково-оценочные скважины на воду и колонковые скважины; 6 — линии профилей; 7 — палеозойское обрамление; 8 — группа разведочных на воду и колонковых скважин
 (Сост. В. Б. Торгованова, 1958 г., по материалам
 Биография великого подвига ..., 2003)

С 1970 г. наряду с проведением сейсморазведочных работ методом отраженных волн (МОВ) началось внедрение более эффективной методики сейсморазведки общей глубинной точки (МОВ ОГТ), которая к 1982 г. вытеснила МОВ. Работая по методу МОВ ОГТ, геофизики пробивали профили шириной 4 м, по возможности прямолинейные. Последнее условие нарушалось на глубоких болотах, не промерзавших под снежным покровом и непроходимых для гусеничной и колесной техники. Возросла, по сравнению с предыдущими годами, роль экологических ограничений при прокладке профилей: леса первой группы, включая кедровники, места произрастания особо охраняемых растений или обитания охраняемых видов животных и птиц, историко-культурные объекты, уголья малочисленных народов Севера.

Однако до конца 1980-х гг. геологоразведочное бурение в таежной зоне Западной Сибири экологических ограничений фактически не имело. Государственная экологическая экспертиза (1988 г.) не рассматривала проекты поисково-разведочных работ и строительства разведочных скважин, отдавая приоритет проектам обустройства нефтяных месторождений. Положение кардинально изменилось в первой половине 1990-х гг. В это время сформирована нормативно-методическая природоохранная база поисково-оценочных работ, в соответствии которой по экологической опасности они отнесены к объектам обязательной экологической экспертизы. С начала 1990-х гг. проведение сейсморазведки в водоохранных зонах и на водной поверхности озер и рек не допускается. Особенно жестко это условие соблюдается со второй половины 1990-х гг. В указанных местах разрешается только проведение детальной гравиметрической съемки.

Наиболее масштабное геофизическое изучение недр и строительство поисковых и разведочных скважин на территории региона происходило в период с 1980 по 1992 г.

В начале 1990-х гг. в добыче нефти наступает кризис, причины которого, по мнению экспертов (Конопляник, Селимов, 1993), в основном следующие:

— крупные и высокодебитные месторождения, составляющие основу ресурсной базы отрасли, в значительной степени выработаны. Соответственно, существенно снизились отборы нефти, чему способствовало и то, что разработка месторождений велась, как правило, недопустимо высокими темпами. В результате интенсивного и далеко не всегда эффективного применения методов повышения

нефтеотдачи резко возросла обводненность добываемой продукции. Это привело к выводу из разработки значительного числа месторождений и увеличению доли низкопродуктивных и трудноизвлекаемых запасов. Ухудшение качества текущих (остаточных) запасов, в свою очередь, потребовало значительно больших финансовых затрат и материально-технических ресурсов на их разработку;

— приращиваемые запасы по своим кондициям вновь резко ухудшились. В начале 1990-х гг. не было открыто ни одного крупного высокопродуктивного месторождения. Среднесуточный дебит каждой новой скважины в Тюменской области (основной нефтедобывающей провинции России) уменьшился со 138 т в 1985 г. до 12–13 т в 1992 г. Следовательно, финансовые и материально-технические затраты на получение 1 т/сут новой мощности за это время возросли в 10 раз (без учета инфляционных процессов);

— финансирование геологоразведочных работ сократилось, что в связи с ухудшением качества приращиваемых запасов (срабатывает «эффект мультипликатора») привело к прогрессирующему снижению абсолютных приростов запасов нефти. Так, в Западной Сибири, начиная с 1989 г., финансирование геологических работ и объемы разведочного бурения сократились на 30%. В итоге прирост промышленных запасов в этом регионе снизился в 1,5 раза, хотя в недрах региона имеются значительные потенциальные ресурсы нефти.

Историю развития нефтедобывающей отрасли в Тюменской области можно проследить на примере ХМАО-Югры, который занимает всю центральную часть области и полностью расположен в таежной зоне. В 1964 г. после ввода в эксплуатацию Мегионского, Трехозерного и Усть-Балыкского месторождений. Именно на его территории впервые заговорили о «большой» тюменской нефти. В настоящее время округ является основным нефтегазоносным районом России (1-е место по добыче нефти и 2-е — по добыче газа). По состоянию на 1 января 2007 г. на территории округа выявлено 447 месторождений углеводородного сырья, в том числе 389 нефтяных. Их площадь составляет 84 049 тыс. км², или 15,7% территории округа. В истории становления нефтегазодобывающей отрасли региона на основании динамики объемов добычи нефти А. Н. Янин (2005, 2007) выделяет *четыре этапа*: становление и рост добычи (1964–1979 гг.), «золотой» (1980–1990 гг.), «кризисный» (1991–2000 гг.) и «возрождения» (2001–

2006 г.). Среднегодовые показатели по видам работ на разных этапах таковы (по Янину, 2007 с нашими дополнениями — А. С.):

Виды работ:	1964-1979	1980-1990	1991-2000	2001-2006
Добыча нефти, млн т/г.	88	341	190	239
Эксплуатационное бурение, млн м/г.	1,8	15,4	7,7	6,7
Разведочное бурение, тыс. м/г.	372,5	1154,6	662,5	555,4

Проведенный нами анализ *экологической ситуации* на этих этапах показал, что *при «становлении»* основное воздействие на ОПС оказывалось сейсморазведочными работами и бурением геологоразведочных скважин, многие из которых располагались по берегам рек. Сначала воздействие носило локальный характер, затрагивая участки осваиваемых месторождений фрагментарно, но уже тогда при фонтанировании продукции скважин началось химическое загрязнение территории будущих промыслов. В начале 1970-х гг. с вводом в эксплуатацию крупнейших нефтегазовых месторождений и трансформацией огромных территорий локальный уровень воздействий перешел в региональный.

«Золотой» этап, наибольшим достижением которого стали максимальные показатели объемов добычи углеводородного сырья, разведочного и эксплуатационного бурения, характеризовался *максимальным* воздействием на ОПС. Статистика отвода земель лесного фонда показывает, что именно за эти 10 лет только в Среднем Приобье нефтедобытчикам было передано более 200 тыс. га из 388,4 тыс. га за период с 1965 по 1995 г. (рис. 6).

Официальной природоохранной статистики в эти годы не велось, но материалы научных исследований Тюменской лесной опытной станции ВНИИЛМ (А. М. Вегерин, А. И. Захаров, Б. Е. Чижов, С. Н. Гашев, М. Н. Казанцева), ЗапСибНИГНИ (А. А. Андреев, В. Н. Дядечко), Тюменского индустриального института (Ю. П. Сорокин), ИЭРиЖ УНЦ АН СССР (И. И. Шилова), СибрыбНИИпроект (Л. В. Михайлова), МГУ им М. В. Ломоносова (Н. П. Солнцева), ИЭГМ УНЦ АН СССР (Ю. И. Пиковский, А. А. Оборин, И. Г. Калачникова) и наши изыскания показывают, что уже в 80-х гг. прошлого века проблема нефтяного загрязнения в районах нефтедобычи Западной Сибири

стояла очень остро. Именно в этот период произошел переход с регионального уровня воздействий на глобальный.

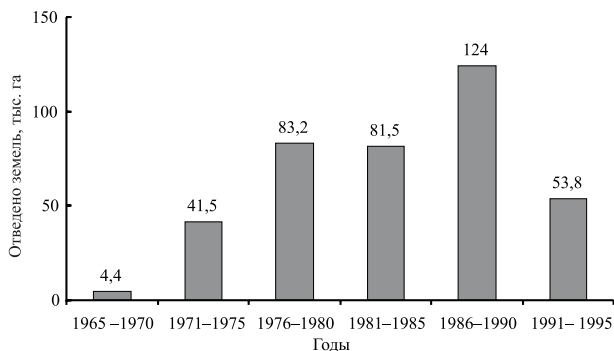


Рис. 6. Динамика отвода земель лесного фонда под объекты нефтедобычи в Среднем Приобье (по Захарову и др., 1998)

Спад добычи нефти в 1990-е гг. не повлек за собой снижения экологической нагрузки в регионе. По официальным данным, увеличение аварийности на внутрипромысловых коллекторах отмечается с 1993 г. В прошлом максимальное количество аварий и объемов разлившейся нефтесодержащей жидкости пришлось на 1995 г. и 1996 г., поскольку в это время физический износ основных фондов нефтегазодобывающей отрасли достиг 60% (1990 г. — 50%), а по отдельным нефтяным компаниям 70% (<http://www.csr.ru/print/original58.stm>). По сведениям Е. М. Ломакина (1995), в начале 1990-х гг. 31% промысловых нефтепроводов в структуре ПО «Нижевартовскнефтегаз» имели срок эксплуатации от 5 до 10 лет и требовали замены в объеме 50%. Более половины выкидных линий скважин имели сроки эксплуатации свыше 10 лет и требовали полной замены. Средний срок службы трубопроводов с толщиной стенки от 4,5 до 6 мм в условиях Среднего Приобья составляет 8,3 года, при 0,05–0,4 аварий на 1 км в год (средняя скорость коррозии — 0,6 мм в год, максимальная — 1 мм в месяц).

Таким образом, подавляющая часть коллекторов, проложенных во второй половине 1980-х гг., к середине 1990-х гг. корродировала, что и явилось причиной аварий. Анализ отказов трубопроводов на Уренгойском месторождении показал, что максимальное их количество произошло в период от 6-го до 10-го года эксплуатации

(Боброва и др., 1998). На Самотлорском месторождении, введенном в промышленную эксплуатацию в январе 1969 г., к 2000 г. пробуренный фонд скважин составил более 14 тыс. шт. Учитывая то, что срок рентабельности скважин не превышает 20 лет, к настоящему времени большая часть их устарела. Отставание в строительстве новых и капитальным ремонте эксплуатируемых промысловых сооружений привело промысловые объекты месторождения к низкой эксплуатационной надежности и явилось одной из основных причин ежегодного роста аварий.

§ 2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РАЗВЕДОЧНОГО ЭТАПА

В оценке экологических последствий освоения нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири важнейшее значение имеют технологические вопросы геологоразведки и разработки углеводородных залежей, регламентируемые по этапам и стадиям несколькими руководящими документами, основным из которых является «Временное положение об этапах и стадиях геологоразведочных работ на нефть и газ» (2001), утвержденное приказом МПР России № 126 от 07.02.2001 г.

Геологоразведочный процесс — это совокупность взаимосвязанных, применяемых в определенной последовательности работ по изучению недр, обеспечивающих подготовку разведанных запасов нефти, газового конденсата и природного газа для промышленного освоения. Он должен осуществляться поэтапно: сначала — региональные работы, затем — поиск и в завершение — разведка. Цели, задачи и методы работ на различных стадиях поисков и разведки отражены в предлагаемой принципиальной схеме стадийности поисково-разведочных работ на нефть и газ (табл. 2). В регионе такая очередность по разным причинам нарушалась как на конкретных нефтегазоперспективных участках и месторождениях, так и на территории в целом. В пределах Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции еще до завершения региональных работ начинались поисково-оценочные, а затем и разведочные работы на

выявленных перспективных объектах и открытых нефтяных месторождениях. В настоящее время территория таежной зоны находится на разных стадиях геологической изученности. В пределах мезо- и кайнозойских отложений ее центральная часть, Широтное Приобье, — на этапе промышленного освоения и доразведки углеводородных залежей; окружающие ее периферийные части — на этапе региональных исследований. Для доюрских образований не только в периферийных частях, но и в Широтном Приобье исследования регионального этапа не завершены (Задоев и др., 2003).

Из всех разнообразных технологических работ, осуществляемых на разведочном этапе, наибольшую экологическую опасность для таежных экосистем представляют две — *сейсмическая разведка и строительство (бурение) геологических скважин* различного назначения. В 2008 г. на балансе нефтегазодобывающих компаний ХМАО-Югры находилось 9 307 разведочных скважин (Техногенное воздействие ..., 2009).

Анализ космоснимков и фондовых материалов показал, что региональные геологоразведочные работы проводились на 2/3 территории таежной зоны Тюменской области (рис. 7).

Сейсмическая разведка (сейсморазведка) — это геофизический метод исследования строения Земли и геологической среды, поисков и разведки нефти и газа, а также других полезных ископаемых, основанный на изучении распространения упругих волн, возбужденных искусственно с помощью различных источников: взрывов, ударов и др. Горные породы отличаются по упругим свойствам и поэтому скорости распространения упругих волн в них различны. Следовательно, на границах слоев, где скорости меняются, могут образоваться отраженные, преломленные, рефрагированные, дифрагированные и другие волны, регистрируя которые на земной поверхности, можно получить информацию о скоростном разрезе, а по нему судить о геологическом строении. Для определения геологического строения массива чаще всего используют следующие *методы сейсморазведки*: МПВ — сейсморазведка методом преломленных волн; МОВ — сейсморазведка методом отраженных волн; МОГТ — сейсморазведка методом общей глубинной точки; ВСП — вертикальное сейсмическое профилирование; ОГП — сейсморазведка методом общей глубинной площадки.

Таблица 2

Стадийность геологоразведочных работ на нефть и газ

(см. «Временное положение об этапах и стадиях геологоразведочных работ на нефть и газ»)

Стадия	Объекты изучения	Основные задачи	Комплекс работ
1	2	3	4
I. Региональный этап			
1.1. Прогноз нефтегазонасности	Осадочные бассейны и их части	1. Выявление литолого-стратиграфических комплексов, структурных этажей, ярусов и структурно-фациальных зон, определение характера основных этапов геотектонического развития, тектоническое районирование 2. Выделение нефтегазоперспективных комплексов (резервуаров) и зон возможного нефтегазонакопления, нефтегазогеологическое районирование 3. Качественная и количественная оценка перспектив нефтегазоносности 4. Выбор основных направлений и первоочередных объектов дальнейших исследований	Дешифрирование материалов аэро-, фото- и космических съемок; Геологическая, гидрогеологическая, структурно-геоморфологическая, геохимическая мелкомасштабные съемки и другие исследования Аэромагнитная, гравиметрическая съемки масштабов 1:200 000-1:50 000 и электроразведка Сейсморазведочные работы по системе опорных профилей и параметрических скважин на опорных профилях в различных структурно-фациальных условиях Обобщение и анализ геолого-геофизической информации, результатов бурения скважин
1.2. Оценка зон нефтегазонакопления	Нефтегазоперспективные зоны и зоны нефтегазонакопления	1. Выявление субрегиональных и зональных структурных соотношений между различными нефтегазоперспективными и литолого-стратиграфическими комплексами, основных закономерностей распределения свойств пород-коллекторов и флюидопоров и изменения их свойств	Все виды работ и методы предыдущей стадии, но выполняющиеся по более плотной сети наблюдений с укрупнением масштабов исследований до 1:100 000-1:25 000

1	2	3	4
		2. Выделение наиболее крупных ловушек и уточнение нефтегазогеологического районирования 3. Количественная оценка перспектив нефтегазоносности 4. Выбор районов и установление очередности проведения на них поисковых работ	
II. Поисково-оценочный этап			
2.1. Выявление объектов поискового бурения	Районы с установленной или возможной нефтегазоносностью	1. Выявление условий залегания и других геолого-геофизических свойств нефтегазоносных и нефтегазоперспективных комплексов 2. Выявление перспективных ловушек 3. Количественная оценка прогнозных локализованных ресурсов 4. Выбор объектов для детализационных работ	Дешифрирование материалов аэро-фото- и космических съемок локального и детального уровней генерализации Структурно-геологическая (структурно-геоморфологическая съемки) Гравиразведка, магниторазведка и электроразведка Сейсморазведка по системе взаимовязанных профилей Бурение структурных скважин Специальные работы и исследования по прогнозу геологического разреза и прямым поискам
2.2. Подготовка объектов к поисковому бурению	Выявленные ловушки	1. Детализация выявленных перспективных ловушек, позволяющая прогнозировать пространственное положение залежей. 2. Количественная оценка ресурсов на объектах, подготовленных к поисковому бурению. 3. Выбор объектов и определение очередности их ввода в поисковое бурение.	Высокоточная гравиразведка и детальная электроразведка Детальная сейсморазведка Бурение структурных скважин

Окончание табл. 2

1	2	4. 3	4
2.3. Поиск и оценка месторождений (залежей)	Подготовленные ловушки Открытие месторождения (залежи)	1. Выявление в разрезе нефтегазоносных и перспективных комплексов коллекторов и покрышек и определение их геолого-геофизических свойств (параметров) 2. Выделение, опробование и испытание нефтегазоперспективных пластов и горизонтов, получение промышленных притоков нефти и газа и установление свойств флюидов и фильтрационно-емкостных характеристик 3. Открытие месторождения и постановка запасов на Государственный баланс 4. Выбор объектов для проведения оценочных работ 5. Установление основных характеристик месторождений (залежей) 6. Оценка запасов месторождений (залежей) 7. Выбор объектов разведки	Бурение и испытание поисково-оценочных скважин Детализационная скважинная и наземная сейсморазведка Специальные работы и исследования по изучению геологического разреза и положения контуров залежей и элементов ограничения залежи
III. Разведочный этап			
3.1. Разведка и пробная эксплуатация	Промышленные месторождения (залежи)	1. Уточнение геологического строения и запасов залежей 2. Пробная эксплуатация для получения данных и параметров для составления технологической схемы разработки месторождений 3. Перевод запасов категории C_2 в категорию C_1	Бурение разведочных, а в ряде случаев и опережающих эксплуатационных скважин Переинтерпретация геолого-геофизических материалов с учетом данных по пробуренным скважинам Проведение детализационных геолого-геофизических работ на площади и в скважинах Проведение пробной эксплуатации отдельных скважин

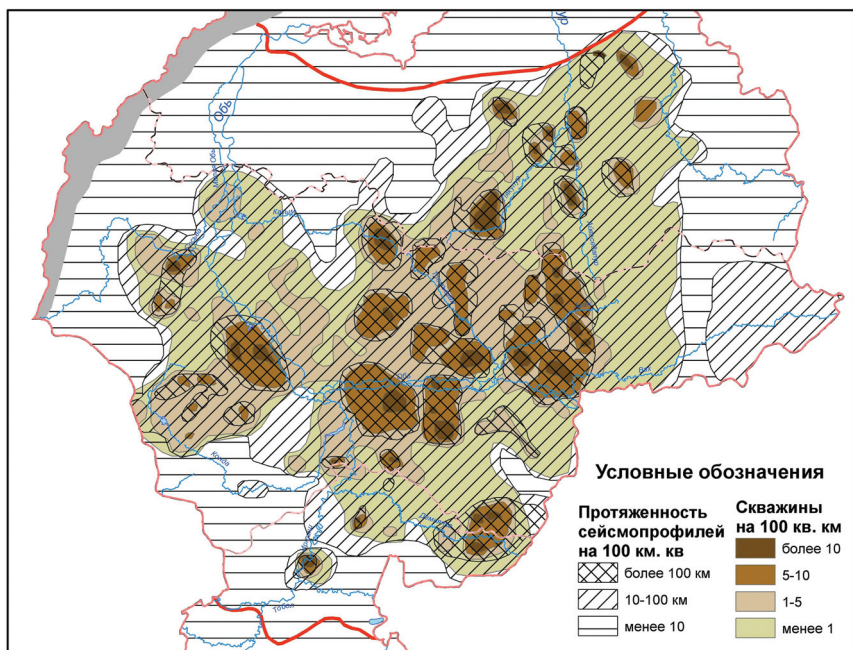


Рис. 7. Геологоразведочные работы на территории таежной зоны Тюменской области

Сейсморазведка — очень важный и во многих случаях самый точный (хотя и самый дорогой и трудоемкий) метод геофизической разведки, применяющийся для решения различных геологических задач, с глубиной от нескольких метров (изучение физико-механических свойств пород) до нескольких десятков и даже сотен километров (изучение земной коры и верхней мантии). Однако ее главное назначение — поиск и разведка нефти и газа. Сейсморазведка появилась в 20-х гг. прошлого века как раздел сейсмологии — науки о землетрясениях. С 1923-1925 гг. она начинает применяться в России для решения различных геологических задач, особенно в нефтяной геологии. В настоящее время свыше трех четвертей геофизических исследований составляют сейсмические работы. Сейсморазведка предвещает освоение территории и является обязательным методом поиска и локализации месторождений нефти и газа. Упрощенно она представляет собой взрывные работы, проводимые в

зимнее время. Основные технологические операции при этом: рубка леса, транспортные, топографо-геодезические, буровзрывные и геофизические. При производстве взрывных работ бурятся специальные скважины. В ведомственных инструкциях, с учетом гидрогеологических особенностей территории, особенностями проходки, сейсморазведочные скважины подразделяют на 4 типа (Инструкция по производству ликвидационного тампонажа сейсморазведочных скважин. ПО «Пермнефтегеофизика», 1990. См.: Шимановский, 1991):

- 1) не вскрывшие водоносных горизонтов;
- 2) вскрывшие один или несколько водоносных пластов с ненапорными или слабонапорными водами, близкими по минерализации и химическому составу;
- 3) вскрывшие напорные водоносные пласты (фонтанирующие);
- 4) вскрывшие водоносные горизонты (пласты) с различной минерализацией и составом воды.

Профильные *сейсмические исследования 2D* по методике 24-60-кратного профилирования и *трехмерная сейсморазведка 3D* выполняются с взрывными, импульсными и вибрационными источниками возбуждения упругих колебаний и регистрацией телеметрическими сейсмостанциями. Наибольшую полноту геофизических данных обеспечивает трехмерная 3D сейсморазведка. Специфические особенности 3D разведки обуславливают ее высокую геологическую эффективность в процессе нефтедобычи. Экономическую эффективность ее определяют: сокращение числа «сухих» и низкодебитных скважин; оптимизация размещения сети скважин; сокращение сроков ввода месторождения в эксплуатацию; повышение точности оценки запасов. Однако при проведении трехмерной сейсморазведки обычно требуется создание густой регулярной сети точек возбуждения и приема сейсмических волн, что в Западной Сибири затруднено сложными природно-климатическими условиями (залеженность, глубокий снег, заболоченность и большое количество рек и озер) и требует существенных экономических и экологических издержек. Проблему не решает даже использование современной телеметрической аппаратуры.

В 1950-1960-е гг. организационно оформился и широко использовался метод *речной сейсморазведки*. Первые сейсмические профили не только пересекали реки и озера, но и часто шли непосредственно по руслу водотоков. Было отработано 42 отрядо-сезона, общий объ-

ем речной сейсморазведки составил более 11 тыс. км (Биография ..., 2003). Сейсморазведчиками были исследованы все крупные реки Тюменской области. Экологические последствия тех работ практически не изучались. С ростом объемов поисков нефти метод речной сейсморазведки потерял свое значение. Определенную роль в этом сыграли и социально-экологические факторы, а именно жалобы представителей коренных малочисленных народов Севера, живущих за счет речного рыболовства, на снижение уловов после проведения сейсморазведочных работ. Существовали определенные трудности с топографической привязкой региональных профилей, особенно на заболоченных участках. В качестве надежных ориентиров для прокладки прямых трасс использовались озера, излучины рек, как правило, окруженные высокобонитетными прибрежными лесами. Эти леса попадали под профили и также испытывали негативное воздействие. При дешифрировании аэрофотоснимков масштабом 1:25 000 (съемка в 1995-1998 гг.) региональные сейсморазведочные профили в лесных массивах выделяются особенно отчетливо.

По экологическим требованиям наиболее приемлемы *нерегулярные системы сейсморазведки*. Они позволяют прокладывать профиль там, где это возможно, невзирая на геометрию получаемой линии. Одними из первых методик нерегулярной сейсморазведки, довольно широко применяемой в Западной Сибири, являются *слалом-профилирование*, предназначенное для районов со сложными поверхностными условиями, и методика *замкнутого (кольцевого) криволинейного профилирования*. Применение этих методов позволяет значительно уменьшить объемы лесных рубок. Практические работы в режиме минимизации экологических и экономических потерь были проведены сотрудниками ТОМГЭ ЗапСибНИИ геофизики с 1988 по 1993 гг. на четырех месторождениях Среднего Приобья в объеме около 60 тыс. физических наблюдений. Результаты показали, что методики вполне обеспечивают получение необходимых данных и могут быть использованы при ведении наиболее щадящих сейсмических исследований (Кузнецов, Межаков, 1997).

В соответствии с Земельным кодексом РФ поисковые геофизические работы проводятся на землях временного пользования на основании договора и решения местной администрации без изъятия земли у землепользователя. Проведение исследований на проектной площади согласовывается с органами контроля и надзора за состоянием при-

родной среды. Приводится расчет площади земель, занятых под сейсмороботы при выбранной ширине профиля. Место и сроки проведения работ согласовываются с местной администрацией. По окончании работ земли отработанных профилей сдаются по акту комиссии, назначенной местной администрацией. Выявленные повреждения и загрязнения поверхности почвы подлежат устранению в установленные сроки. Потравы возмещаются в порядке, установленном постановлением Правительства РФ № 86 от 15.03.1989 г. 7.3. В соответствии с требованиями «Инструкции по ликвидации последствий взрывов при сейсморазведочных работах», для исключения аварий и несчастных случаев, возможных вследствие разрушения поверхности земли после проведения сейсморазведочных работ (скважины, каверны и т. д.), эти нарушения подлежат ликвидации. Ликвидация должна обеспечивать полную безопасность для людей, животных, транспорта и возможность дальнейшего использования территории в хозяйственных целях.

Сейсморазведочные исследования, как правило, осуществляются *в два этапа*:

1. Подготовительный этап в летне-осенний период, включающий рубку 4-метровых просек, 1-метровых визиров и топографо-геодезические работы (разбивка и привязка пунктов и профилей).

2. Производственный этап в зимний период, включающий прокладку бульдозерной техникой профилей, не вырубленных в летне-осенний период, непосредственно сейсморазведочные исследования с применением специального оборудования и, соответственно, перевозки транспортных средств по профилям, а также буровзрывные работы.

При производстве сейсмологических работ необходимо обустроить лагерь-базы для постоянного проживания персонала. Вся территория базового лагеря делится на жилую зону, склад производственных материалов, склад ГСМ и место стоянки автотракторной техники. Иногда оборудуется вертолетная площадка. На стоянке обычно размещаются жилые балки, кухня, баня (от 10 до 14 строений), вездеходная техника (ГАЗ-71 МТЛБ, БАТ, трактора типа Т-130 от 4 до 10 шт.), хозяйственные сани, емкости под ГСМ (3-5 шт.). Обеспечение электроэнергией осуществляется передвижными электростанциями. Теплоснабжение в осенне-зимний период печное. Водоснабжение сейсморазведочной партии осуществляется талой водой и водой из природных водоемов.

В результате проведения полевых геофизических работ в первую очередь происходит нарушение почвенного покрова и растительности как наиболее уязвимых компонентов экосистем. Далее подвергаются воздействиям (хотя и меньшим) поверхностные воды, воды зоны аэрации и грунтовые водоносные горизонты. Большое значение имеют время проведения геофизических работ и геоэкологические особенности изучаемого района. Работы при площадной сейсморазведке имеют *следующие последствия* для ОПС: загрязнение атмосферного воздуха, загрязнение водоемов и почвенного покрова, загрязнение геологической среды, вырубка леса, изменение среды обитания растений и животных, шумовое загрязнение территории, браконьерство.

Строительство геологических скважин. Представляет наибольшую экологическую опасность при геологоразведочных работах. Основными процессами строительства являются бурение и крепление. Бурение скважин — это процесс сооружения направленной горной выработки большой длины и малого (по сравнению с длиной) диаметра. Начало скважины на поверхности земли называют устьем, дно — забоем. Общая схема буровой установки показана на рис. 8.

Все скважины при геологоразведочных работах и разработке нефтяных и газовых месторождений или залежей подразделяются на *опорные, параметрические, структурные, поисково-оценочные и разведочные*. *Опорные* скважины бурят для изучения геологического строения крупных геоструктурных элементов земной коры, определения общих закономерностей распространения комплексов отложений, благоприятных для нефтегазоаккумуляции, с целью выбора наиболее перспективных направлений геологоразведочных работ на нефть и газ. Бурение опорных скважин является составной частью комплекса региональных геолого-геофизических исследований на нефть и газ. *Параметрические* скважины бурят для изучения геологического строения, геолого-геофизических характеристик разреза и оценки перспектив нефтегазоносности возможных зон нефтегазоаккумуляции, выявления наиболее перспективных районов для поисковых работ. Бурение параметрических скважин является ведущим видом региональных геолого-геофизических исследований на нефть и газ в относительно изученных районах. *Структурные* скважины бурят в ряде районов для выявления и подготовки к поисковому бурению перспективных площадей. *Поисково-оценочные* скважины

бурят на площадях, подготовленных поисковыми работами, с целью открытия новых месторождений нефти и газа или новых залежей на ранее открытых месторождениях и оценки их промышленной значимости. *Разведочные* скважины бурят на площадях с установленной промышленной нефтегазоносностью в целях уточнения запасов и сбора исходных данных для составления технологической схемы разработки (проекта опытно-промышленной эксплуатации) залежи.

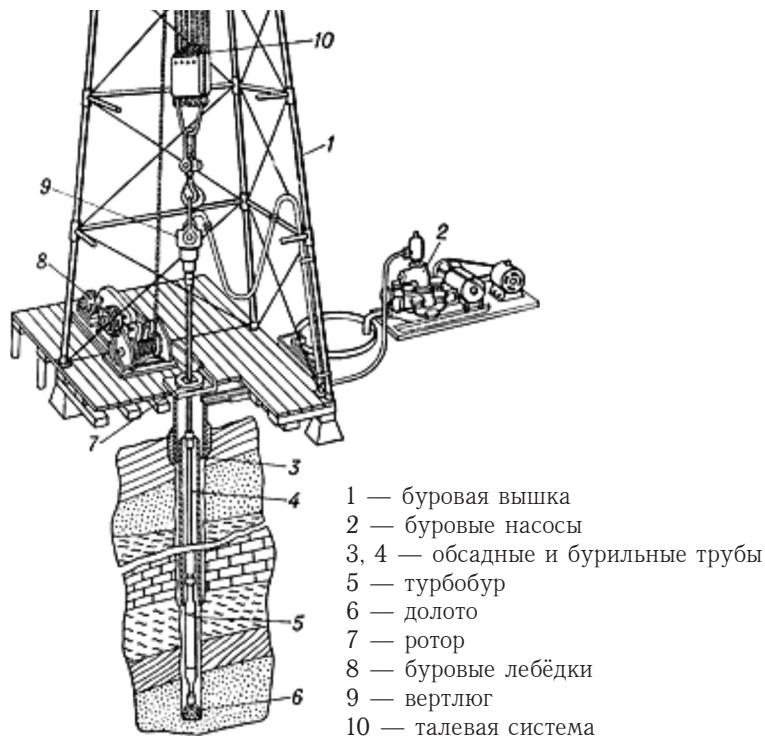


Рис. 8. Общая схема буровой установки
 (по Вадецкому, 2004)

Организация бурения отдельной геологоразведочной скважины или группы скважин на территории Тюменской области в значительной степени определялась социально-экономическими условиями проведения буровых работ. Так, в начале XX в. бурение поисковой скважины проводилось за счет частных инвестиций или казенных

денег по решению Тобольского губернского управления имуществ. В разрешительном свидетельстве на право проведения буровых работ указывались местность, площадь участка и время этих работ. В пределах выделенного поискового участка владелец разрешительного свидетельства имел исключительные права на геологоразведочные работы. Государство регулировало отношения бурового предприятия с прочими природопользователями, отдавая предпочтение геологоразведочным работам. И хотя в этот период в регионе формировалась система частного землевладения, она практически не захватывала районы проведения глубокого бурения. Материально-техническое снабжение бурового предприятия находилось в руках местных купцов и промышленников, привлекались и казенные заводы. Строительство буровой велось по геолого-техническому наряду, но, главным образом, на основе опыта горных инженеров. Неквалифицированных рабочих набирали на месте. Транспортировка грузов шла по рекам пароходами, лодками, а по дорогам — на телегах местных крестьян. Планировка площадок, проходка котлованов и шурфов выполнялись вручную — лопатами и тачками.

С 1948 по 1988 г. в условиях советской экономической системы и мощного наращивания объемов поискового и разведочного бурения организация буровых работ приобрела большое значение, что нашло отражение в появлении государственных и отраслевых нормативных документов по строительству поисковых и разведочных скважин, в обязательном составлении рабочих проектов строительства скважин, их отраслевой экспертизе. В 1950-1960 гг. регламентированы основные виды работ, среди которых природоохранные мероприятия почти не упоминаются. Выбор места заложения скважины, в лучшем случае, согласуется геологами с местными органами власти и лесниками. Решение о бурении в конкретном месте принимается на уровне министерств СССР и областных исполнительных комитетов, своими постановлениями предоставляющих буровому предприятию земельный участок во временное пользование (на один год).

Доставка грузов велась по рекам теплоходами, зимой по зимникам — автотранспортом. Обустройство буровой площадки не обходилось без гусеничных тракторов и бульдозеров. Водоснабжение буровой осуществлялось из поверхностных водотоков и водоемов, а при удалении от них — из специальной водяной скважины, пробуренной рядом со столом ротора и оборудованной эрлифтом. Силовой агрегат

буровой установки — мощный дизель. Электроснабжение — от дизельной электростанции. Появились первые передвижные котельные на мазуте и солярке. Буровая бригада на скважинах, удаленных от населенных пунктов, располагалась в балках, перетаскиваемых с буровым оборудованием или срубленных на месте из леса. Для хранения буровых материалов и реагентов строился навес с настилом, готовилась площадка под емкости ГСМ. В пределах буровой площадки копали несколько котлованов: под буровой раствор, буровые сточные воды, продукты освоения скважины. Размещение перечисленных объектов и площади земель, занимаемые ими, определялись, главным образом, технологическими требованиями и правилами безопасности. Общая площадь участка с нарушением растительного и почвенного покрова достигала 5 га. Большую часть в такие нарушения вносили не предусмотренные технологией работ проезды гусеничной техники, завалы из пней и порубочных остатков по периметру буровой площадки в лесной зоне. По завершении работ буровые отходы бульдозером стаскивали в котлованы, площадку по возможности ровняли, но завалы, чаще всего, оставались.

В 1970-е гг. по мере увеличения объема поискового и разведочного бурения на нефть и газ нормативная база геологоразведочных работ детализировалась и совершенствовалась. Встал вопрос об ограничении ущерба, наносимого буровиками земельным и лесным ресурсам. В 1968 г. Миннефтепром СССР утвердил в Госстрое СССР временные строительные нормы на отвод земель под нефтяные и газовые скважины. В 1997 г. появились строительные нормы (СН 462-74) «Нормы отвода земель для сооружения геологоразведочных скважин», в которых, в зависимости от назначения скважины, типа и мощности бурового комплекса, характера рельефа участка работ, вида растительности, установлены конкретные площади земель, отводимых под буровой комплекс, технологические коммуникации, котлован сбора продуктов испытания скважины, жилой поселок. Эти нормы становятся основополагающими для проектных работ и принятия решений по отводу земельного участка. В них под буровые площадки разведочных скважин определен отвод в 2,5 га, регламентирована ширина трасс технологических трубопроводов и дорог. В эти же годы началось формирование системы государственных природоохранных стандартов (серия 17). Перечисленные нормы действуют и в настоящее время.

В конце 1970-х гг. в организации геологоразведочного бурения на территории Тюменской области произошли изменения. В структуре Главтюменьгеологии в эти годы существовало несколько территориальных геологических объединений, в состав которых наряду с нефтеразведочными экспедициями входили вышкомонтажные конторы. Именно эти конторы взяли на себя весь цикл подготовительных работ, монтаж и демонтаж бурового комплекса. Главная цель такой реорганизации — сокращение срока строительства скважины путем повышения квалификации и специализации буровых бригад. Стало нормой привлечение к этим работам вертолетной авиации. Широкое распространение получил способ «перетаскивания» смонтированного бурового станка с одной разведочной точки на другую с помощью тракторов. Экологические ограничения при этом учитывались в последнюю очередь. Нередки случаи, когда трасса перетаскивания выделялась поваленным и неубранным лесом, засыпанным грунтом или заваленными древесиной ручьями.

С появлением государственного природоохранного органа (1988 г.) в общественном сознании начала меняться установка с покорения природы на стремление к возможности гармоничного сосуществования с ней. Медленно, но заметно происходило позитивное изменение отношения буровиков к окружающей природной среде. В конце 1980-х гг. Министерством геологии и Министерством нефтяной промышленности СССР принят целый ряд руководящих документов по проектированию и строительству скважин, в которых нашли отражение природоохранные мероприятия. В макет рабочего проекта на строительство скважин (дополнение к РД 39-01488052-537-87) включается раздел «Охрана окружающей природной среды». Методическим пособием для проектировщиков и буровиков стала «Инструкция по охране окружающей среды при строительстве скважин на суше» (1990 г.). Объемы амбаров и буровых отходов рассчитываются в соответствии с РД 39-0147009-725-88Р и РД 39-3-819-91. Сооружение котлованов и инженерных систем канализации отходов бурения выполняется в соответствии с РД 39-003-90 и стандартами предприятий: СТП 17-099-89, СТП 00-087-89, СТП 30-014009-11-89, в которых, в частности, указывалось, что для исключения фильтрации жидких отходов бурения из шламовых амбаров их дно и стенки должны быть гидроизолированы, гидроизоляцию шламовых амбаров проводят материалами, выбираемыми в каждом конкретном случае

индивидуально. Необходимым условием при этом является лишь исключение фильтрации содержимого амбаров в почвогрунты и объекты гидросферы (РД 39-003-90). Тюменская лесная опытная станция ВНИИЛМ разработала и согласовала с Тюменьоблприродой «Лесо-водственные требования к размещению, строительству и эксплуатации объекта нефтедобычи на землях лесного фонда в таежных лесах Западной Сибири» (1990). СНИИ НП составил регламент организации работ по ликвидации и рекультивации шламовых амбаров при строительстве скважин в системе «Главтюменьнефтегаза» (1990 г.).

Вопросы охраны окружающей природной среды и рационального использования природных ресурсов входят в число приоритетных. Инспекторы Тюменского областного комитета по охране окружающей среды посещают буровые площадки и добиваются устранения выявленных экологических нарушений, сотрудничают с природоохранной службой буровых предприятий. И хотя по инерции еще несколько лет на этих предприятиях преобладало некоторое пренебрежение к экологизации производства, организация работ и обустройство буровых площадок базируются на природоохранных мероприятиях.

В стремлении сократить период строительства скважины геологоразведочные предприятия внедряли так называемое «безамбарное» бурение, когда котлован копался только под шлам, а буровой раствор готовился в специальной емкости и после использования очищался от шлама на специальных установках для повторного применения, сточные воды собирались в отдельной емкости, где осветлялись химическими коагулянтами. Осадок захоранивался в шламовом амбаре. Очищенные воды использовались в технологическом процессе и частью сбрасывались на рельеф. Такая технология резко уменьшала загрязнение почв и грунтовых вод отходами бурения, но не получила должного распространения при бурении поисковых и разведочных скважин, удаленных от транспортных коммуникаций. Кроме того, возникали проблемы с восстановлением технологических параметров использованного бурового раствора.

В конце 1980-х гг. стало широко применяться зимнее бурение поисковых и разведочных скважин на болотах с подготовкой буровой площадки намораживанием, использованием емкостей и торфолодowych гидроизолированных шламонакопителей. Шлам по окончании работ цементировался и в летний период сплошной твердой массой погружался в болото.

Российское природоохранное законодательство (1992 г.) закрепило положительный опыт 1980-х гг. и ужесточило требования к строительству скважин. Процедура оформления отвода земельного участка во временное пользование для геологоразведочных работ усложнилась. К ней подключились все службы, прямо или косвенно связанные с использованием природных ресурсов. Размещение буровой площадки, по возможности, выводится из водоохранных зон, особо ценных угодий, а если по геологическим причинам это сделать нельзя, предусматриваются дополнительные специальные природоохранные мероприятия.

В 1990-е гг. разработан ряд руководящих документов природоохранного назначения, согласованных с Тюменским областным комитетом по охране окружающей среды (по рекультивации шламовых амбаров, приемке земельных участков после производства геологоразведочных работ). Примером может служить «Регламент на приемку земель, временно использованных при разведке, обустройстве и эксплуатации месторождений нефти и газа в Ханты-Мансийском автономном округе» от 1994 г. Кроме того, природоохранные вопросы строительства скважин отражены в местных законодательных актах, таких как законы ХМАО-Югры «О недропользовании» (№ 15-оз от 18.04.1996 г.) и «О разработке месторождений углеводородов на территории автономного округа» (№ 57-оз от 26.06. 1998 г.). Разработано и утверждено «Положение о кадастровой комплексной экономической оценке природных ресурсов в качестве нормативов платежей за причиненный ущерб, в том числе земельным, лесным, дикорастущим, охотничьим, рыбным и другим природным ресурсам и расчета размера арендной платы при изъятии и нецелевом использовании земель на территории округа» (Приложение к постановлению Администрации округа № 4 от 11.01.1996).

Сокращение государственного финансирования и развал геологической отрасли, приватизация нефтедобывающих предприятий имели негативные экологические последствия. Многие буровые скважины попали в разряд «бесхозных». Остались нерекультивированные буровые площадки, иногда с вышками и буровыми станками. С конца 1990-х гг. и по настоящее время скважины в пределах лицензионных участков передаются на баланс недропользователя, который за счет собственных средств вынужден проводить их повторную ликвидацию и рекультивацию буровых площадок. В пределах так называемого «нерас-

пределенного фонда недр» эту работу выполняют специализированные геологические предприятия за счет средств бюджета субъектов РФ.

В основе методического подхода к разработке природоохранных разделов геологических проектов строительства скважин лежат требования РД 39-133-94 «Инструкция по охране окружающей среды при строительстве скважин на нефть и газ на суше», СТП 50-33-91 «Руководство по охране природной среды при проведении геологоразведочных работ на нефть и газ», макеты проектов строительства скважин на нефть и газ, подготовленные специалистами СибНИИНП и ЗапСибБурНИПИ и согласованные с Тюменским областным комитетом охраны окружающей среды, «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» (1993), «Инструкция по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности» (1995). В соответствии с этими нормативными документами выбор места заложения скважины должен был выполняться при соблюдении соответствующих экологических требований (табл. 3).

Необходимо отметить, что несмотря на имевшие место нарушения указанных требований, в 1990-е гг. большинство недропользователей старалось их соблюдать. Так, например, в советский период на берегах реки Демьянки в Уватском районе Тюменской области было пробурено около 10 скважин и открыто Северо-Демьянское нефтяное месторождение. Нефтяные компании, получившие лицензии в 1995 г., по экологическим условиям были вынуждены заменить сейсморазведку в этом районе на менее опасные гравиметрические работы и расположить поисковые и разведочные скважины за пределами водозащитных полос.

В настоящее время таежная зона Западной Сибири характеризуется участками с различной степенью проявления экологических последствий геологоразведочных работ. Календарная продолжительность геологоразведки (10–50 лет) и перерывы между этапами для ряда месторождений сыграли значимую роль в процессе деградации и восстановления природных комплексов. Вариации воздействия определяются временем проведения полевых работ (сезон, время суток), сочетанием с циклами развития (периодичностью) компонентов экосистем и последовательностью появления отдельных природных явлений (Хаустов, Редина, 2006). На территории Тюменской области в настоящее время практически все сейсморазведочные работы проводятся в зимний период, когда воздействие на почвенно-растительный покров минимально.

**Экологические требования при строительстве скважин на нефть и газ
(Инструкция по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности, 1995)**

Требование	Природоохранные мероприятия
1	2
1. Соблюдение режима водоохранных зон, статуса родников угодий или земель приоритетного природопользования, заповедников и заказников, лесов первой группы, ландшафтно-стабилизирующих экосистем, охранных зон промышленных, культурных и археологических объектов, селитебных зон	Расположение буровых площадок и подъездных путей за пределами водоохранных зон, не ближе 300 м к руслу или пойме малой реки, 500 м к берегу озера площадью более 2 км ² , вне площади особо охраняемых территорий и селитебных зон Соблюдение лесоводственных требований к размещению экологически опасных объектов на землях лесного фонда таежной зоны Западной Сибири
2. Инженерно-геологическое обоснование местоположения буровых площадок	Территория разведочных работ примыкает к разрабатываемым нефтяным месторождениям с аналогичными инженерно-геологическими, геокриологическими и геоэкологическими условиями. При выборе мест для буровых площадок и подъездных путей используются инженерно-геологические материалы по обустроенным участкам Масса фундамента буровой достаточна для поглощения статических, динамических, вибрационных и опрокидывающих нагрузок. Удельная нагрузка на грунт и сжатие материала фундамента не превышают допустимых величин
3. Уклон поверхности территории	Уклон поверхности не превышает 3 градусов
4. Тип почвенного покрова	Подзолисто-элювиально-глеевые, торфяно-глеевые и торфяные почвы средней тайги, не имеющие с/х значения
5. Регулируемость поверхностного стока	В пределах буровых площадок ликвидируются замкнутые котловины, заливаемые талыми водами и атмосферными осадками
6. Глубина залегания уровня грунтовых вод	Скважины в летнем варианте бурения закладываются на суходолах с глубиной залегания уровня грунтовых вод более 1,5 м, в зимнем варианте на болотах производится промораживание площадок

1	2
7. Сохранение путей миграции и среды обитания животных	Исключается сооружение линейных объектов, препятствующих миграции оленей, лосей и т. д., площадки располагаются вне зон обитания ценных видов. Сохраняется проточность малых рек и ручьев при строительстве зимников
8. Сохранение экосистем с особо охраняемыми видами растений	Расположение буровых площадок и подъездных путей за пределами урочищ с растениями, занесенными в Красную книгу РФ
9. Сейсмическая безопасность	За исторический период не зафиксированы подземные толчки более 4-х баллов. Буровые площадки располагаются вне зон возможных экзогенных геокатастроф (оползней, карстовых провалов и т. п.)
10. Неотектоническая стабильность	Неотектонические напряжения и деформации осадочных пород на территории района работ не превышают аналогичных характеристик площадки разрабатываемых месторождений и не несут катастрофического характера
11. Расположение буровых комплексов за пределами геопатогенных зон, связанных с геофизическими и геохимическими аномалиями	По результатам сравнительного анализа региональных исследований магнитного и гравитационного полей в пределах разрабатываемых месторождений и разведочных участков влияние геопатогенных зон на буровые бригады оценивается на уровне существующего в пределах действующих нефтепромыслов
12. Сохранение обнаруженных объектов историко-культурного назначения	Выбор участков для буровых площадок и подъездных путей на основании результатов историко-культурной экспертизы исходной картографической (топографические карты, аэрофотоснимки) информации
13. Минимизация эколого-экономического ущерба природным ресурсам от не целевого использования земель	Размещение производственных площадок и трасс коммуникаций с учетом кадастровой комплексной экономической оценки земель за пределами пойменных угодий
14. Предупреждение эколого-экономического ущерба природным ресурсам от загрязнения атмосферного воздуха	Размещение производственных объектов с учетом годового изменения метеорологических элементов и продолжительности периода, неблагоприятного для рассеивания ЗВ

Наибольшую опасность при проведении буровых работ и строительстве скважин представляет химическое загрязнение территории буровым раствором, химреагентами, буровыми отходами, продукцией скважин. Буровой раствор используется для обеспечения стабильного бурения скважин в условиях высокого давления. Он представляет собой глинистую массу серого цвета без запаха, в состав которой входят вода, бентонитовый глинопорошок, ГКЖ-10, кальцинированная сода, КМЦ-700, НТФ и графит. Данные по количеству реагентов и объему бурового раствора при бурении одной геологоразведочной скважины приведены в таблице 4.

Таблица 4

**Количество материалов и химических реагентов
для 1 скважины с глубиной бурения 2900 м**

Химические реагенты и материалы	Количество
ПЦТ-ДО-50, т	54,0
ПЦТ-Д20-100, т	38,0
Глинопорошок, т	3,0
Сульфанол, т	0,2
Хлористый кальций, т	0,7
НТФ	0,9
Вода, м ³	73,0
Буровые растворы, м ³ :	62,0
Бентонитовый глинопорошок, т	43,0
ГКЖ-10, т	2,0
Кальцинированная сода, т	0,1
КМЦ-700, т	3,0
Графит серебристый, т	5,0

Хлористый кальций (CaCl_2) — кристаллическое бесцветное вещество, хорошо растворимое в воде, не горючее. Класс опасности — 4-й.

НТФ (нитрилтриметилфосфоновая) кислота предназначена для снижения вязкости бурового раствора. Применяется в летнее время в виде разбавленного 1%-го раствора, в зимнее время — в виде раствора в антифризе. При добыче нефти применяется в качестве ингибитора солеотложений. Растворимость в воде хорошая, не горюча, не взрывоопасна, малотоксичная, класс опасности — 4-й.

ГКЖ (гидрофобизирующая кремнийорганическая жидкость) — от бесцветной до темно-коричневого цвета, представляет собой водно-спиртовой раствор алкилсиликоната натрия, используется в качестве модификатора глинистых буровых растворов. Она обеспечивает повышенную смазывающую способность и уменьшает поступление воды в буровой раствор из породы, снижает и стабилизирует вязкость бурового раствора. ГКЖ умеренно опасное вещество (3-й класс опасности).

КМЦ (карбоксиметилцеллюлоза) — натриевая соль простого эфира целлюлозы и пиколовой кислоты представляет собой мелкозернистый порошкообразный материал белого или кремового цвета. Содержание влаги не более 10%, хорошо растворяется в воде, применяется для регулирования фильтрационных свойств буровых растворов. ПДК — 20 мг/л, класс опасности — 4-й.

Для увеличения вязкости используется бентонит — монтмориллонитовая глина. Бентониты используются в основном для сырой воды. Для улучшения смазочных свойств буровых растворов с целью предупреждения прихватов бурового инструмента широко применяются добавки нефти и графита. Графит относится к веществам 4-го класса опасности, т. е. к малоопасным, нефть — к 3-му классу. За время буровых работ расходуется около 50 т бентонита и до 7 т различных химических реагентов. Для крепления скважины используется 90 т цемента и 3 т бентонита. Во время испытаний расходуется до 1 т цемента, 2 т бентонита и 4 т химических реагентов.

Все эти вещества доставляются на площадку и хранятся в деревянных складах. Результаты инвентаризации показали, что практически на каждой площадке имеются места складирования неиспользованных реагентов, в первую очередь, цемента. Например, на площадке Р-281 Верхне-Салымского месторождения нами обнаружено около 10 т цемента, на площадке Р-30 Западно-Салымского месторождения (ЗС) — 15 т цемента и более 1 т бентонита, на площадке Р-17 (ЗС) — 20 т цемента. Брошенные окаменевшие мешки цемента и бентонит экологической опасности не представляют. В ряде случаев они обросли мхами. На площадке Р-24 (ЗС) найдена полусгнившая бочка с 10-15 кг хлористого кальция. При обследовании площадок старых разведочных скважин нами обнаружены остатки бурового раствора в небольших, так называемых «забурочных» амбарах, расположенных в непосредственной близости от устья скважины и построенных без гидроизоляции.

Первым по значимости фактором негативных экологических последствий является фактор аварийности, проявляющий себя как при строительстве глубоких геологоразведочных скважин, так и после их ликвидации или консервации. По нашим данным, большинство разливов нефти в пределах и за пределами площадок геологоразведочного бурения связано с аварийными выбросами, фонтанами жидкости из скважин вследствие нарушения технологии вскрытия или испытания нефтяных и газовых пластов или аномальных пластовых условий, не ожидаемых буровиками. Результаты полевых обследований показали, что 39% разведочных площадок были загрязнены нефтесодержащими продуктами скважин непосредственно в приустьевой зоне, и шламовые амбары на этих площадках содержали нефть. К экологически значимым авариям следует отнести обрыв бурового инструмента с последующей проходкой второго ствола скважины, вследствие чего увеличиваются объем отходов, интенсивность и время воздействия бурового комплекса на окружающую среду. *Второй фактор* — загрязнение почвы горюче-смазочными материалами, отмеченное нами на каждой второй площадке. Было также установлено, что негативное воздействие объектов разведочного этапа продолжается после завершения поисковых работ.

Вследствие длительного простоя и отсутствия технического обслуживания скважины разрушаются, что приводит к нарушению герметичности и нефтеводогазовым проявлениям на устье. Утечка нефти и минерализованных пластовых вод формирует стойкий очаг химического загрязнения прилегающей территории. Наиболее значимые негативные последствия проявляются при нефтяном загрязнении территории буровых площадок нефтью из устья ликвидированных или законсервированных скважин (33% скважин). Сходные результаты показала инвентаризация состояния старых геологоразведочных скважин, проведенная НПО «Геоэкология» (Гилев, 2002).

В качестве аварийной ситуации необходимо рассматривать лесные пожары, возникающие в непосредственной близости от буровых. Причиной таких пожаров чаще всего было нарушение буровиками правил противопожарной безопасности.

Негативные экологические последствия во многом определяются несовершенством в природоохранном отношении технологий, применяемых в геологоразведке. Эколого-экономические издержки заставляют геологов и геофизиков постоянно совершенствовать методы работ. Особо следует выделить *фактор нарушения технологиче-*

ской дисциплины. Более существенными оказываются отклонения от проектных решений, идентифицируемые как природоохранные нарушения. В условиях плановой экономики геологи заметно превосходили нефтяников по количеству таких нарушений в процессе сейсморазведочных и буровых работ. Большинство обследованных нами буровых площадок в неудовлетворительном экологическом состоянии оставлено геологическими организациями, однако работая со второй половины 1990-х г. по договорам, под прессом штрафных санкций заказчика они были вынуждены учиться выполнять запро-ектированные природоохранные решения.

Для обеспечения технической водой опорного и поисково-оценочного бурения в 1950-1960-е гг. в большинстве случаев использовались поверхностные источники. Максимальный забор воды не превышал 100 м³/сут. На буровых площадках, удаленных от таких источников, бурились специальные скважины на четвертичный водоносный комплекс до 100 м глубиной непосредственно рядом со стволом основной скважины. Эти скважины оборудовались эр-лифтом и после окончания работ должны были ликвидироваться способами, предохраняющими загрязнение подземных вод, однако фактически они оставлялись с открытым устьем и без гидроизоляции приустьевой зоны. Для Тюменской области вопрос состояния фонда водяных скважин стал проблемным. Только на юге ее около 800 скважин пресной и минеральной воды необходимо срочно ликви-дировать, поскольку все они являются бесхозными и представляют прямую угрозу чистоте подземных питьевых вод.

Со второй половины 1980-х гг. геофизики включили в технологи-ческий процесс сейсморазведочных работ комплекс природоохранных мероприятий, в 1990-е г. стали активно использовать современную транспортную технику (самоходные буровые установки, болотоходы и т. п.), более щадящую растительный покров, чем гусеничная. Место заложения глубокой скважины стало определяться не только геоло-гическим обоснованием, но и экологическими ограничениями. Раз-дел проекта на строительство геологоразведочной скважины «Охрана окружающей среды» из формального описания общих природоохран-ных положений превратился в план конкретных мероприятий. Гео-логи научились строить скважины на болотных массивах без отсыпки основания в течение зимнего периода, стали широко применять емко-сти для технологических растворов (вместо амбаров).

§3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЭТАПА СТРОИТЕЛЬСТВА

Строительство объектов нефтедобычи представляет собой наиболее масштабный этап освоения, в течение которого создается вся инфраструктура нефтедобывающего комплекса. Техногенному воздействию подвергаются все компоненты ОПС: атмосфера, гидросфера, почва, животный и растительный мир, геологическая среда. Наибольшее влияние связано с отчуждением значительных площадей земельных ресурсов, причем в большей степени за счет изъятия земель лесного фонда. При этом максимальное воздействие оказывается именно в период строительства скважин и технологических объектов нефтегазодобычи. По официальным данным, на территории ХМАО-Югры ежегодно изымается около 0,1% земель лесного фонда (например, в 2005 г. — 37 549,8 га, или 0,08%). На конец 2008 г. площадь отведенных в пользование нефтегазодобывающим компаниям земель по ХМАО-Югре составила 188 756 га, из них 83 850 га в постоянное и 104 915 га — во временное (Техногенное воздействие ..., 2009). Это 0,35% площади округа.

Анализ земельных отводов 17 лицензионных участков (ЛУ) округа показал, что в среднем под инфраструктуру месторождения отводится 0,31% площади: от 0,05 до 1,16% (табл. 5), что примерно совпадает со средним значением доли земельных отводов для нужд нефтегазодобычи в ХМАО-Югре.

Таблица 5

**Площади отводов земель под объекты
нефтегазодобычи в 2003-2006 гг.**

ЛУ, месторождение	Объекты нефтегазодобычи				Всего га	% от площади
	площадные		линейные			
	га	%	га	%		
Водораздельный	49,10	18,5	216,40	81,5	265,50	0,28
Варынский	16,60	35,6	29,98	64,4	46,58	0,28
Галаяновский	41,34	20,8	157,50	79,2	198,84	0,17
Ем-Еговский	25,85	23,6	83,93	76,4	109,78	0,08
Каменный	44,60	17,1	215,74	82,9	260,34	0,13
Нижне-Шапшинское	49,08	35,0	91,02	65,0	140,28	0,27

Ново-Покурское	19,40	15,5	105,80	84,5	125,20	0,31
Омбинское	15,81	32,6	32,65	67,4	48,46	0,21
Пайтыхский	60,30	13,0	404,21	87,0	464,51	1,16
Песчаное	25,33	27,1	68,31	72,9	93,64	0,28
Потанай-Картопынский	16,63	15,0	94,25	85,0	110,88	0,09
Приобский	378,83	26,2	1067,66	73,8	1446,49	0,43
Сергинский	7,12	12,6	49,30	87,4	56,42	0,08
Среднемулымьинское	6,45	8,0	74,15	92,0	80,60	0,38
Сыморьяхское	6,32	14,5	37,12	85,5	43,44	0,05
Тальниковое	86,02	25,4	252,74	74,6	338,76	0,96
Ханты-Мансийско-Фроловский	45,08	18,6	197,71	81,4	242,79	0,11

Особенности воздействия на ОПС во многом определяются пространственной конфигурацией объектов нефтедобычи. По этому признаку все объекты делятся на *линейные* и *площадные*. К *линейным* относятся объекты, протяженность которых в сотни и тысячи раз превосходит их ширину: автодороги и железные дороги, ЛЭП и линии связи, трубопроводы различного назначения (нефтепроводы, водоводы, газопроводы, продуктопроводы и пр.). Характерной особенностью обустройства нефтегазовых месторождений в Тюменской области является совместное строительство коридоров коммуникаций — автодорог, ЛЭП и трубопроводов, что, с одной стороны, приводит к концентрации объектов воздействия, а с другой — позволяет более экономно использовать земельные ресурсы. К *площадным* относятся объекты обустройства месторождений, имеющие соразмерные значения длины и ширины: производственные объекты сбора и подготовки нефти и газа (ДНС, КНС, ЦППН, УПСВ, УКПГ, ГПЗ, факельные хозяйства и пр.), жилые поселки, сухоройные и гидронамывные карьеры, нефтегазодобывающие кусты скважин и одиночные скважины, буровые площадки промыслового бурения, полигоны производственных и бытовых отходов (свалки). Основную часть отводимых для нужд нефтедобычи площадей занимают линейные сооружения. Анализ таблицы 5 показывает, что в среднем на 1 га, отводимый под площадные объекты (21% отводов), приходится 3,8 га земель, отводимых под линейные коммуникации (79%

отводов). К началу 2009 г. общая протяженность линейных объектов на территории ХМАО-Югры составила 148 101 км, в том числе нефтепроводов — 42 791 км (29%), газопроводов — 7 286 км (5%), водоводов — 28 926 км (20%), автодороги и зимники — 24 294 км (16%) и ЛЭП — 44 804 км (30%) (Техногенное воздействие ..., 2009).

По подсчетам специалистов, средняя плотность технических средств для нефтегазодобычи составляет 10-20 объектов на 1 км² (скважины, компрессорные станции и др.), а плотность трубопроводов — 11 км на 1 км² (Романенко, 1999).

Среди площадных объектов основные землеотводы приходятся на буровые площадки эксплуатационных скважин (Захаров, 1988; Чижов, 1998). Одиночные скважины и кусты скважин представляют собой специальные площадки на территории месторождения с расположенными на них устьями скважин, а также эксплуатационными сооружениями и технологическим оборудованием для подземного ремонта скважин, инженерными коммуникациями, бытовыми и служебными помещениями. К 2009 г. на территории ХМАО-Югры были обустроены 12 794 кустовые площадки (Техногенное воздействие ..., 2009).

Для строительства большинства объектов нефтегазодобычи в условиях Тюменской области требуется огромное количество грунта (песка), добываемого либо гидронамывным, либо сухойройным способом. По наблюдениям Б. Е. Чижова, открытая добыча песка и его заменителей сопровождается полным уничтожением биоценозов и радикальным преобразованием почвенно-гидрологических условий. До 40% площади карьерных выемок представлены участками с избыточно увлажненными грунтами или мелководьями, непригодными ни для водохозяйственного использования, ни для выращивания леса. В карьерах с кварцевыми песками толща невыбранного грунта над уровнем грунтовых вод часто превышает 1,5 м, наблюдается перевевание песков и их очень медленное зарастание. Экологически необоснованные способы добычи строительного грунта приводят к замене ценных лесных биоценозов заболоченными территориями или песчаными пустошами (Чижов, 1995). В настоящее время на территории округа эксплуатируется более 500 карьеров по добыче общераспространенных полезных ископаемых, в первую очередь песка (Техногенное воздействие ..., 2009).

О масштабах вовлечения естественных территорий в сферу нефтегазодобычи сообщают официальные сведения агентства лесного

хозяйства по ХМАО-Югре: только за один 2005 г. было зарегистрировано 988 документов, обосновывающих перевод участков лесного фонда из лесных земель в нелесные земли для использования их в целях, не связанных с ведением лесного хозяйства; было принято 607 актов (решений) о переводе. По итогам 2005 г. основными организациями, представившими в агентство документацию по переводу лесных земель в нелесные, были нефтяная компания «Роснефть», ОАО «Юганскнефтегаз», ОАО «Сургутнефтегаз», ОАО «Башнефтегеофизика», ОАО «Варьеганнефтегаз», ОАО «ТНК-Нягань», ОАО «Самотлорнефтегаз», ОАО «Тюменнефтегеофизика», ОАО «ХМНГТ», ООО «Лукойл-Западная Сибирь», «Салым Петролеум Девелопмент Н.В.», дорожный департамент правительства Ханты-Мансийского автономного округа-Югры. Основные виды работ, под которые запрашивались переводы земель: обустройство месторождений нефти, разведочных скважин и кустовых площадок, реконструкция трубопроводов, строительство нефте- и газопроводов, высоконапорных водоводов и нефтесборных сетей, ЛЭП и автомобильных дорог, разработка карьеров песка, торфа и грунта, сейсморазведочные работы. За 2005 г. земель лесного фонда было предоставлено в размере 37 549,8 га, что составляет 0,07% от общей площади земель лесного фонда ХМАО-Югры по состоянию на 1 января 2006 г.

При обустройстве месторождений происходит неизбежное нарушение почвенного покрова, причем размеры фактически нарушенных территорий, как правило, значительно превышают площади земельного отвода. Площади нарушенных земель, утративших свою хозяйственную ценность и являющихся источниками отрицательного воздействия на окружающую среду, возрастают год от года. К началу 2004 г. площадь таких земель в ХМАО-Югре составила 53,4 тыс. га (О состоянии ..., 2004, 2005), т. е., по официальной статистике, на 100 га, отводимых под нужды нефтедобычи, дополнительно 40 га становятся непригодными для использования по своему назначению. Исследования Тюменской ЛОС ВНИИЛМ показали, что непосредственно под промысловые объекты отчуждается 3-5% площади месторождения, а фактическая доля нарушенных земель значительно выше — от 10 до 30% (Чижев, 1998). Данные о превышении площадей воздействия объектов нефтегазодобычи над нормами отвода приводятся в работе А. И. Захарова с соавторами (1998) (табл. 6).

**Превышение фактических размеров
отдельных объектов нефтедобычи над нормами отвода**

Объект	Размер объекта		Превышение, %
	норма	факт	
Ширина трасс перетаскивания бурового оборудования, м	18,0	23,0	128
Эксплуатационные буровые площадки (отвод в постоянное пользование), га	85,4	195,6	229
Факела при ДНС, га	1,1	2,7	245
Факела при ЦДНГ, га	6,0	21,5	358
Карьеры площадью до 6 га, га	13,0	16,9	130
Карьеры площадью до 22,4 га, га	22,4	26,9	120

Одним из последствий освоения территорий округа является развитие природно-антропогенных и антропогенных геологических процессов и явлений (по классификации Ф. В. Котлова, 1978). Среди *природно-антропогенных* наибольшее распространение получили экзогенные геологические процессы и явления: плоскостная эрозия и дефляция почв, оврагообразование, речная эрозия, заболачивание. Яркий пример развития природно-антропогенной дефляции — образование песчаных раздувов на легких песчаных почвах в районах пос. Покачи и Радужный, на Суторминском месторождении.

Среди геологических процессов, носящих исключительно *антропогенный* характер при нефтегазодобыче, можно выделить:

— геотермические процессы и явления (промерзание грунтов и подземных вод, протаивание мерзлых грунтов): в результате строительства технологических объектов в районах с очаговым и реликтовым распространением многолетнемерзлых пород происходит искусственное отопление грунтов, содержащих подземный лед;

— гидролитогенные процессы и явления, проявляющиеся в понижении или повышении уровня грунтовых и подземных вод, а также в химическом загрязнении.

Типичным примером *геотермических* процессов, в частности морозного пучения, является изменение рельефа полотна автодорог с асфальтовым покрытием в результате промерзания торфяной залежи из-за чистки снега. Под телом насыпи до глубины 5–7 м и под участ-

ками дорог появляются перелетки мерзлоты. Промерзшее полотно дорог в общем коридоре коммуникаций также играет роль искусственной плотины для поверхностных и грунтовых вод.

Самым масштабным проявлением *гидролитогенных* процессов, вызванных деятельностью человека, является формирование обширных зон подтопления и осушения территорий в результате изменения или нарушения направления поверхностного стока. Эти процессы активизируются при прокладке линейных сооружений (автодорог) через болотные комплексы и проявляются в виде мелких озер и луж вдоль одной из сторон дорожного полотна.

Исследования Тюменской ЛОС ВНИИЛМ показали, что *основными видами* негативного экологического воздействия строительства линейных сооружений являются: сокращение покрытых лесом площадей, трансформация лесных земель, нерациональное использование древесных ресурсов, расчленение лесных массивов, образование неустойчивых кулис и опушек, захламление древесными остатками и стройматериалами, увеличение числа источников лесных пожаров (повышение пожарной опасности), механическое повреждение растительности и почвенного покрова, нарушение гидрологического режима почв (затопление, подтопление), загрязнение шламом и буровыми растворами, химреагентами и газообразными выбросами. *Наиболее значимые* экологические последствия проявляются в нарушении поверхностного стока при сооружении насыпей под автодороги: в результате подтопления происходит отмирание древесной растительности (Чижов, 1998).

Наши наблюдения показывают, что при обустройстве площадных объектов *основную экологическую опасность* представляют работы по строительству кустов добывающих и нагнетательных скважин. Бурение скважин связано, во-первых, с нарушениями поверхностного слоя земли, а во-вторых, с накоплением и хранением на территории буровой технологических отходов бурения: отработанного бурового раствора, буровых сточных вод и бурового шлама, содержащих нефть и нефтепродукты, а также различные по составу, физико-химическим свойствам и токсичности материалы и химреагенты, используемые для интенсификации процессов бурения. Источники воздействия на ОПС при строительстве скважин приведены в таблице 7.

**Источники воздействия на природную среду
при строительстве скважин**

Этап работ	Источники воздействия	Последствия
Строительно-монтажные работы (планировка и обустройство площадки под буровую, установка вышки и оборудования, прокладка проводов и т. д.)	Транспорт, спецтехника, дизельная электростанция, емкости хранения ГСМ, сварочные работы	Нарушение естественного рельефа и условий поверхностного стока Уничтожение почвенно-растительного покрова Химическое загрязнение Шумовое загрязнение
Бурение, крепление	Буровое оборудование, устье скважины, транспорт, емкости ГСМ, котельная, склады химреагентов, буровой шлам в шламовом амбаре	Химическое загрязнение Шумовое загрязнение
Испытание скважины	Сепаратор, емкости ГСМ, склад материалов и реагентов, транспорт, пластиковые флюиды, химреагенты для повышения продуктивности пласта.	Химическое загрязнение всех природных сред Шумовое загрязнение

На значительную экологическую опасность для ОПС в местах строительства нефтяных и газовых скважин указывают многие эксперты (Крупинин, 1995; Шеметов, 1998; Чижов, 1998; Федорив и др., 2000; Московченко, Дожорукова, 2002; Бузмаков, Костарев, 2003). В процессе бурения из скважины нужно удалять разбуренные породы, для чего буровым насосом непрерывно закачивается промывочная жидкость (глинистый раствор во многих случаях с добавкой утяжелителей, а при проходе твердых горных пород — вода). Чаще всего скважина бурится с применением глинистых растворов с добавкой нефти (10–15%). Кроме того, в виде добавок применяются поверхностно-активные вещества (сульфонол и др.). В настоящее время на территории ХМАО-Югры эксплуатируется более 97 тыс. скважин, из них в 2008 г. было построено 3 649 новых скважин, а ликвидировано — 916 (Техногенное воздействие ..., 2009).

В последние годы при первичном вскрытии продуктивных пластов все чаще применяются биополимерные малотоксичные ингибированные буровые растворы на основе реагентов зарубежного производства. Проходя по бурильным трубам, жидкость доходит до долота, через

отверстия в нем поступает в забой скважины, поднимается по кольцевому пространству между бурильными трубами, стенками скважины, захватывает частицы разбуренной породы и выносит их на поверхность. Поднявшись до устья скважины, жидкость протекает по специальным желобам, в которых из нее осаждается разбуренная порода и стекает в яму — шламовый амбар (ША). Иногда при бурении применяются нефтяные растворы с добавкой различных реагентов и «нефтяные ванны» при прихватах инструмента. Значительную опасность для окружающей среды представляют *буровые растворы на нефтяной (углеводородной) основе* — РОУ. Доля применения РОУ (в объеме всех буровых растворов) в различные годы колеблется от 5-10 до 80% на отдельных месторождениях (Кошелев и др., 2005).

В настоящее время наибольшее распространение для обработки буровых растворов получают *хромсодержащие реагенты* (хромпик, хромлигносульфаты и др.), *фенолосодержащие* (фенолы эстонских сланцев, карбофен, ПФЛХ-полифиниллигнохлор и др.), а также *щелочесодержащие реагенты* (каустическая сода, гипан, углещелочной реагент, торфощелочной реагент, гексометафосфат натрия, триполифосфат натрия и др.). Все эти вещества обладают определенной токсичностью. Обычно загрязнение буровыми растворами происходит в результате перелива и выбросов из скважин, сброса отработанных растворов в овраги, водоемы и перетока их по поглощающим пластам.

Объемы отходов бурения зависят от глубины скважины, принятой технологии бурения, системы водоснабжения, продолжительности строительства и геолого-технических особенностей разбуриваемого месторождения и составляют от 500 до 6000 м³ на 1 буровую. В среднем на 1 скважину с глубиной бурения до 3000 м образуется до 1000 т жидких отходов, содержащих выбуренную породу, буровой раствор, различные химические реагенты и нефть. При амбарном способе бурения, до сих пор широко применяемом, в шламовых амбарах скапливаются буровые отходы, продукты испытания скважин, материалы для приготовления и химической обработки буровых и тампонажных растворов, пластовые воды, сточные хозяйственные воды, атмосферные осадки и пр.

Как правило, отходы промышленного бурения скважин, содержащие нефть, имеют *3-й класс опасности* (умеренно опасные). При разбуривании скважин в шламовый амбар попадает самый *широкий спектр химических элементов и соединений*: едкий калий, кальцинированная сода, CaCl₂, KCl, известь, кислоты и их композиции, добавки,

утяжелители (барит, гематит), ПАВ, цемент (носитель ионов кальция), нефть, нефтепродукты, графит, карбоксиметил-целлюлоза, спиртовая барда, известково-битумный раствор и др. При этом шламовые амбары необходимо рассматривать как источники комплексного загрязнения ОПС в непосредственной близости от обваловки амбара. Исследования способности токсичных компонентов отходов бурения распространяться через борта шламовых амбаров, проведенные сотрудниками НижневартовскНИИнефть, показали, что практически по всем показателям в пробах грунтовых вод, отобранных с глубин 0,8 м на расстоянии от 5-25 м от обваловок шламовых амбаров, имеет место *превышение ПДК* для водоемов рыбохозяйственного значения (общей жесткости — в 6-10 раз, содержания нефти — в 30-50 раз, содержания анионных ПАВ — до 3 раз, неионных ПАВ — в 5-9 раз). Под воздействием отходов бурения скважин вокруг шламовых амбаров образуется *ореол загрязнения грунтовых вод*, причем его формирование заканчивается в 1-й год существования шламового амбара (Ахмедшин и др., 1995).

Анализ образцов шлама, отобранных с различных глубин скважины, показал, что в нем содержатся от 0,8 до 7,5% нефти, до 15% общей органики, куда вместе с нефтью входят и химреагенты (Байков, Галиев, 1987). Анализ бурового шлама и отработанного бурового раствора скважины Р-1 (Ачимовский горизонт, забой 3900 м) Хадутейской площади Южно-Песцовского газоконденсатного месторождения показал наличие в образце отработанного бурового раствора высоких содержаний *таких элементов 1-го и 2-го классов опасности*, как Pb, Hg, P, As, Cd, Zn, Al, а также Fe и Na, которые во много раз превышают ПДК по воде. Их присутствие в ОБР обусловлено поступлением из выбуренной породы (по Сг в 71 раз, по Mn — в 33, по Со — в 3, по Ni — в 11, по Си — в 14, по Zn — в 8, по Pb — в 22 раза). В кислотном экстракте бурового шлама установлено *превышение ПДК* в почвах для Ni — в 90 раз, Си — в 72, Zn — в 133, As — в 573, Cd — в 26, Pb — в 834 раза, т. е., данные отходы бурения являются токсичным и потенциально опасным для ОПС и человека, поскольку содержат тяжелые металлы в концентрациях, значительно превышающих ПДК (Балаба и др., 2001).

Согласно экспертным оценкам ВНИИКРнефти, отходы бурения содержат в своем составе до 15-18% нефти и нефтепродуктов, до 60 г/л и выше загрязняющей органики, определяемой по показателю ХПК, значительное количество растворимых солей (до 20%), в том числе токсичных ионов хлора, натрия, гидрокарбонат-ионы (15 мг-экв/л); ве-

личина рН отходов колеблется от 7,2 до 10,6 и выше (Шеметов, 1998). В течение 2008 г. на территории ХМАО-Югры образовалось 2 млн 94 тыс. т буровых отходов, а переработано и захоронено 1 млн 948 тыс. тонн, т. е. осталось более 146 тыс. т (Техногенное воздействие ..., 2009). Если прибавить к этой цифре отходы, накопленные к началу 2008 г., то общее количество неутилизованных отходов бурения в округе на начало 2009 г. составляет 1 млн 385 тыс. т.

Шламовые амбары, содержащие токсичные отходы бурения, представляют *наибольшую экологическую опасность* на этапе строительства объектов нефтегазодобычи. Многие из них находятся в водоохраных зонах и представляют серьезную угрозу речным, озерным и болотным экосистемам. Результаты замеров нескольких шламовых амбаров на Ново-Покурском месторождении показали, что размеры амбаров с отходами бурения составляют тысячи кубических метров: куст № 17 — 10 000 м³, куст № 25 — 12 000 м³, куст № 27 — 12 000 м³, куст № 33 — 11 000 м³, куст № 40 — 12 000 м³. Размеры амбара на кусте 10 скважинами составили 24 x 148 м; с 11 скважинами — 24 x 156 м и с 12 скважинами — 24 x 172 м при глубине 3 м. Проведенный анализ содержимого шламовых амбаров на ряде месторождений ОАО «Юганскнефтегаз» показал, что в среднем каждый амбар содержит до 5 000 м³ бурового шлама и около 3 000 м³ воды, загрязненной растворимыми химреагентами и нефтью. *Основными загрязнителями* в буровом шламе являются нефтяные углеводороды (C₁₀-C₄₀) (табл. 8).

Таблица 8

**Содержание валовых форм тяжелых металлов,
хлоридов и углеводов в буровом шламе, мг/кг**

Вещество	n	Среднее	Min	Max	Std.Dev.	ПДК (ОДК)*
Хлориды	32	1340,15	692,30	2 840,00	982,04	Не норм.
Pb	16	23,62	8,93	45,06	12,16	32,0
Cu	16	0,89	0,68	1,09	0,16	55,0
Ni	16	0,94	0,50	2,09	0,60	85,0
Σ ТРН C10-C40	52	34 070,58	590,00	152 600,00	39 730,98	20,0**

Примечание: * — для почв по ГН 2.1.7.020-94.

** — региональный норматив ХМАО-Югры в соответствии с постановлением правительства ХМАО-Югры №441-п от 10.11.2004 г.

До последнего времени, кроме отстаивания в амбарах, буровые сточные воды не подвергались никакой очистке. Их сброс в открытые водоемы или поглощающие скважины неизбежно приводил к загрязнению поверхностных водоемов и подземных вод. Нередко из-за нарушений обваловок амбаров происходят переливы и утечки буровых сточных вод, в результате этого сильно загрязняются почвы и поверхностные водотоки. Загрязнителями буровых сточных вод являются буровые растворы и шлам, химические реагенты и смазочные масла. Наши исследования состояния 50 шламовых амбаров, расположенных на производственной территории ОАО «Юганскнефтегаз», проведенные в 2004 г., показали, что каждый амбар содержит в среднем до 5000 м³ бурового шлама и около 3000 м³ воды, загрязненной растворимыми химреагентами и нефтью, 80% амбаров содержали нефть в виде пленки, каждый 5-й имел нарушенную обваловку и только 7 амбаров были рекультивированы. Согласно данным отчетов ОАО «Юганскнефтегаз» об образовании токсичных отходов по форме № 2-ТП (токсичные отходы), в отходы бурения входит в среднем около 80% шлама, 19,1% жидких отходов и 0,9% химических реагентов (Федорив и др., 2000).

Буровые шламы содержат широкий спектр загрязнителей минеральной и органической природы, представленных материалами и химреагентами, используемыми для приготовления и обработки буровых растворов (например: полиакриламидом (ПАА), конденсированной сульфитспиртовой бардой (КССБ), карбоксиметилцеллюлозой (КМЦ), СЖК, ВЖС, dk-drill, DKS-extender, sypan и др.). По сведениям Г. Г. Ягафаровой и В. Б. Барахниной (2006), на 1 м³ отходов приходится до 68 кг загрязняющей органики, не считая нефти (нефтепродуктов) и загрязнителей минеральной природы. По данным ОАО «Когалымнефтегаз», при бурении скважины глубиной 2600 м в амбаре содержится в среднем около 65% воды, 30% шлама (выбуренной породы), 5,5% нефти, 0,5% бентонита и 0,5% различных присадок, обеспечивающих оптимальную работу буровой установки (Шорникова, 2002).

В недавнем прошлом только на территории ХМАО-Югры общее число некультивированных амбаров превышало 2000 (О состоянии ..., 2004, 2005). На 31.12.2007 г., по данным предприятий, в округе остались некультивированными 1740 шламовых амбаров на площади около 766 га (О состоянии ..., 2007). В течение 2008 г. было построено еще

233 амбара, а рекультивировано только 217 (Техногенное воздействие ..., 2009). Следовательно, в последнее время *отмечается увеличение количества бурового шлама и амбаров.*

Предотвращение загрязнения объектов окружающей среды буровыми отходами достигается при *сборе и вывозе шлама* на специальные шламохранилища и полигоны, а также *повторное использование* отработанных буровых растворов. Однако реализация этих мероприятий часто осложняется из-за транспортных проблем, поэтому до сих пор в широких масштабах практикуется *захоронение* отработанных буровых растворов и шлама непосредственно на территории буровой. Этот метод является безопасным для окружающей среды лишь при условии обезвреживания и отвердевания закапываемых отходов бурения. Однако очень часто амбары со шламом и остатками буровых растворов после окончания бурения скважин засыпаются грунтом. В связи с высокой тиксотропностью буровых растворов (способность разжижаться при механических воздействиях) такие участки после их засыпки в течение нескольких лет не затвердевают и длительное время являются источником загрязнения почвы и грунтовых вод.

§4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЭТАПА ДОБЫЧИ

Под промышленной разработкой или эксплуатацией месторождений углеводородного сырья понимается технологический процесс добычи жидкостей (нефти, конденсата, воды) и газа из пласта на поверхность (Правила разработки нефтяных и газонефтяных месторождений, 1987). Это наиболее протяженный период техногенного воздействия на ОПС, исчисляемый десятилетиями. В течение его не только происходит усугубление экологической ситуации непосредственно на месторождениях, но и возникает новая реальная угроза техногенных катастроф, связанных с транспортировкой добытой продукции скважин. Характерной чертой эксплуатации нефтяных месторождений Западной Сибири является то, что одновременно с добычей нефти происходят доразведка и дообустройство территории промыслов, т. е. ОПС в районах нефтедобычи постоянно подвергается всему комплексу техногенных воздействий, обуслов-

ленных освоением ресурсов недр. Возрастание напряженности экологического состояния территорий промыслов вплоть до «экологического бедствия» обусловлено, с одной стороны, отсутствием или низкой эффективностью природоохранных мероприятий по ликвидации последствий обустройства месторождений, с другой стороны, возникновением новых проблем при добыче, основной причиной которых является старение технологического оборудования и накопление производственных и бытовых отходов. Основным продуктом скважин при нефтедобыче является нефть.

Нефть (через тюрк. *neft* от перс. нефт) — горючая маслянистая жидкость со специфическим запахом, распространенная в осадочной оболочке Земли, являющаяся важнейшим полезным ископаемым. Образуется вместе с газообразными углеводородами обычно на глубинах более 1,2-2 км. Нефть состоит из различных углеводородов (алканов, циклоалканов, аренов, ароматических углеводородов и их гибридов) и соединений, содержащих, помимо углерода и водорода, гетероатомы — кислород, серу и азот.

Нефть сильно варьирует по цвету (от светло-коричневой, почти бесцветной, до темно-бурой, почти черной) и по плотности — от весьма легкой (0,65–0,70 г/см³) до весьма тяжелой (0,98–1,05 г/см³). Пластовая нефть, находящаяся в залежах на значительной глубине, в различной степени насыщена газообразными углеводородами. Средний элементарный состав нефти: 82,5–87% С; 11,5–14,5% Н; 0,05–0,35, редко до 0,7% О; 0,001–5,3% S; 0,001–1,8% N. Преобладают малосернистые нефти (менее 0,5% S), но около 1/3 всей добываемой в мире нефти содержит свыше 1% S. Нефти разных месторождений имеют различный фракционный состав. По составу ароматических углеводородов и некоторым другим параметрам нефти Западной Сибири можно разбить *на две группы*: с высоким содержанием соединений с одним ароматическим кольцом и нефти с повышенным присутствием полициклических аренов (именно к этой группе соединений относятся многие канцерогенные вещества, производные 1,2-безантрацена). Нефти *первой группы* — тяжелые, сернистые, смолистые, сосредоточены большей частью в центральной и юго-восточных областях Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции; нефти *второй группы* — легкие, малосернистые, парафинистые, добываются на периферии. Вообще, нефти, добываемые в районе исследований, по ряду характеристик образуют комплекс,

отличающийся от комплексов других зон и довольно однородный (Гончаров, 1987; Нефтяные и газовые месторождения СССР, 1987).

Помимо углеводородов и связанных с ними веществ, нефть содержит минерализованные пластовые воды, количество которых может колебаться в очень широких пределах: от 1-2% до 80-90% от объема сырой нефти. Основным компонентом водной фракции являются растворимые хлориды. В редких случаях общая минерализация может достигать значительных величин — 15-20 г/л.

Таким образом, нефть представляет собой довольно сложную физическую смесь углеводородов и связанных с ними веществ, растворенных газов и минерализованных пластовых вод.

Подъем нефти на земную поверхность получил название по аналогии с известными «добыча угля», «добыча руды» — «добыча нефти», однако, кроме названия, эти процессы существенно отличаются по технологии извлечения. Разделяют *два способа добычи нефти* — фонтанный и механизированный. При *фонтанном способе* нефть поднимается за счет внутренней энергии пласта, при *механическом способе* ее поднимают с помощью различных устройств, спускаемых в скважину. Фонтанный способ добычи экономичен и осуществляется в начальный период разработки месторождения. После прекращения фонтанирования переходят на механизированный способ эксплуатации скважин. Выделяют *два основных вида механизированной добычи нефти*: газлифтный (компрессорный) и насосный (штанговый, бесштанговый и др.).

Газлифт (эрлифт) — технология, включающая эксплуатационную (обсадную) колонну труб и опущенных в нее насосно-компрессорных труб, в которых подъем жидкости осуществляется с помощью сжатого газа (воздуха). Иногда эту систему называют *газовый (воздушный) подъемник*.

Насосный способ — добыча нефти с помощью штанговых и бесштанговых насосов. Подъем нефти из скважин с помощью насосов является наиболее продолжительным периодом при эксплуатации месторождения. Существует *две разновидности* этого способа добычи нефти: установками штанговых глубинных насосов (УШГН) и бесштанговыми скважинными насосами (БШГН). УШГН представляет собой поршневой насос одинарного действия, шток которого связан колонной штанг с наземным приводом — станком-качалкой, который включает кривошипно-шатунный механизм, преобразую-

щий вращательное движение первичного двигателя в возвратно-поступательное движение и сообщающий его колонне штанг и плунжеру насоса. Главной отличительной особенностью БШГН является отсутствие механической связи между приводом и самим насосом. Наиболее обширную группу в классе БШГН составляют установки электроцентробежных насосов (УЭЦН). В качестве привода в УЭЦН применяют погружной электродвигатель, спускаемый в скважину на заданную глубину вместе с насосом.

Согласно общей производственной схеме (рис. 9), применяемой на нефтепромыслах Западной Сибири, нефть подается от эксплуатационных скважин (1) по выкидному трубопроводу (2) в замерную установку «Спутник» (3).

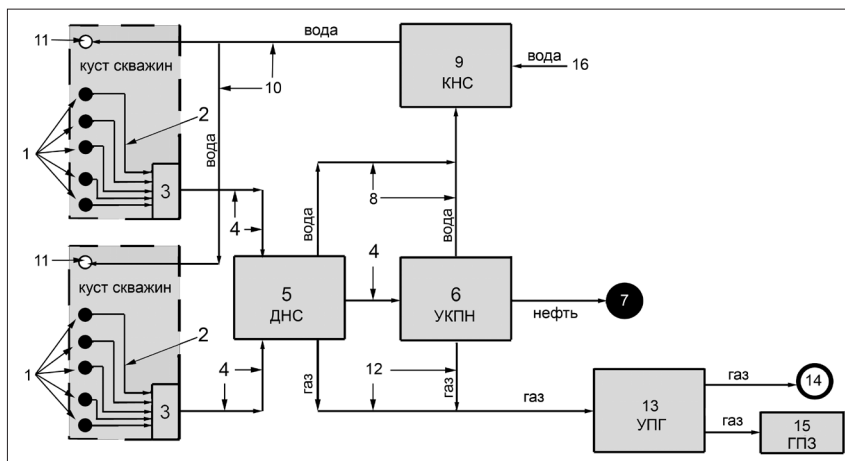


Рис. 9. Схема сбора и подготовки продукции скважин на нефтяном промысле

- 1 — добывающие скважины; 2 — выкидной трубопровод от скважины; 3 — автоматизированная групповая замерная установка «Спутник»; 4 — внутрипромысловый сборный коллектор; 5 — дожимная насосная станция (ДНС); 6 — установка комплексной подготовки нефти (УКПН); 7 — магистральный нефтепровод с товарной нефтью; 8 — водоводы с пластовой водой; 9 — кустовая насосная станция (КНС); 10 — водоводы системы ППД; 11 — нагнетательная скважина системы ППД; 12 — газопроводы; 13 — установка подготовки газа (УПГ); 14 — магистральный газопровод; 15 — газоперерабатывающий завод (ГПЗ); 16 — вода из водозаборов.

Вместе с нефтью поступают пластовая вода, попутный (нефтяной) газ, твердые частицы механических примесей (горных пород). Далее нефтегазоводяная эмульсия поступает на дожимную насосную станцию (ДНС, 5). ДНС предназначены для сбора, первичной сепарации, предварительного обезвоживания, учета и дальнейшей транспортировки нефти на установку комплексной подготовки нефти (УКПН, 6), на которой проводятся механическая очистка, дегазация, обезвоживание и обессоливание нефти, после чего товарная нефть поступает потребителям через систему внешнего транспорта (7). Пластовая вода подается на кустовую насосную станцию (КНС, 9), где очищается, смешивается с пресной поверхностной водой (16) и закачивается через нагнетательные скважины (11) в продуктивный пласт. Газ по сборному газопроводу (12) транспортируется на установку подготовки газа (13) и далее либо на газоперерабатывающий завод (15), либо на компрессорную станцию магистрального газопровода (14). Попутный газ частично используется в качестве топлива для котельных и печей, нагревающих нефть перед отстоем. Остаток газа после конечной ступени сепарации подается на сжигание на факеле. Процент утилизации попутного газа в период пробной эксплуатации месторождений в среднем составляет более 90%.

Экологические последствия нефтедобычи зависят *от нескольких факторов*: техногенной нагрузки на территорию промысла, продолжительности добычи, площади трансформированных ландшафтов, степени химического загрязнения природных сред, успешности рекультивационных мероприятий и пр. Абсолютные площади нарушения экосистем месторождений находятся в прямой зависимости от продолжительности разработки и общего фонда скважин (Шор, 2000). Наши исследования на Федоровском и Мамонтовском месторождениях показали, что на каждый условный гектар, отведенный под размещение скважин и кустового оборудования, приходится дополнительно от 0,3 до 3,0 га нарушенных земель. При этом строительство 1 скважины сопровождается деградацией и загрязнением почвы в среднем на 2000 м² за пределами кустовой площадки. Корреляционный анализ показал, что масштабы нарушений во многом определяются размерами площадок. Соотношение размеров кустовых площадок и нарушенных земель на нефтяных месторождениях таковы, га:

Месторождение	Размеры площадки	Площадь нарушений	Коэффициент корреляции
Федоровское	1,22 ± 0,41	1,72 ± 0,92	0,73*
Мамонтовское	0,72 ± 0,32	1,63 ± 0,61	0,67*

Примечание: * — $P < 0,05$.

Как показали результаты наших обследований некоторых нефтяных месторождений ХМАО-Югры, нефтесолевое загрязнение территорий промыслов по масштабам сопоставимо с механической трансформацией земель (табл. 9). Это согласуется с данными Б. Е. Чиждова (1998) для Ватинского и Аганского месторождений: на долю всех форм загрязнений приходится 41,5% площадей, а на площади механического воздействия (включая подтопление и факела) — 58,5%.

Таблица 9

**Последствия освоение некоторых месторождений,
% от площади горного отвода (См.: Гашев и др., 1996)**

Месторождение	Нефтесолевое загрязнение	Механическая трансформация
Самотлорское*	9,5	12,2
Покачевское	4,0	6,3
Южно-Балыкское	4,0	7,5
Федоровское	3,0	5,2
Мамонтовское	2,3	6,0

Примечание: * — модельный участок на территории НГДУ «Белозернефть».

По нашему мнению, следует с определенной осторожностью использовать сведения С. В. Васильева (1998) о структуре антропогенного воздействия, связанного с нефтедобычей на Самотлорском месторождении. Непонятна возможность достоверного разграничения выделенных автором категорий нарушений («разливы нефти», «нефтяные загрязнения» и «химические загрязнения»), основанная на анализе аэрофотосъемки. Приведенные в указанной работе сведения демонстрируют, что химическое загрязнение (не называется,

какое. — А. С.) в 2,5 раза превышает нефтяное, что весьма спорно в данной классификации загрязнений.

На этапе добычи нефтесолевое загрязнение приобретает *всеобщий характер* и становится ведущим фактором воздействия на таежные экосистемы. Если к площадям загрязненных земель прибавить загрязненные русла рек и дно озер, то совокупные размеры загрязненных акваторий и территорий превзойдут максимальные размеры механически нарушенного ландшафта. Так, площадь акватории в пределах Сомотлорского месторождения, находящаяся в непосредственном контакте с аварийно-опасными нефтепромысловыми объектами на протяжении десятков лет и загрязненная нефтью, составляет примерно 175 км². При этом площадь нефтяного загрязнения почв оценивается нами в пределах 88 км². Следовательно, общая площадь нефтяного загрязнения месторождения составляет не менее 263 км². При этом суммарная площадь техногенно трансформированных территорий, установленная по дешифрованию космоснимков, — 183 км², т. е. почти в 1,5 раза меньше, чем площадь нефтяного загрязнения. В результате повсеместного нефтяного загрязнения речных бассейнов на этапе добычи локальное и региональное воздействие на ОПС приобретает *трансграничный характер и становится глобальным*.

Среди *наиболее существенных факторов*, снижающих устойчивость функционирования технических систем и приводящих к загрязнению ОПС в процессе нефтедобычи, С. Н. Голубчиков (2004) выделяет следующие (данные по ХМАО-Югре):

- чрезмерно большая протяженность внутри- и межпромысловых трубопроводов (66,3 тыс. км, причем каждый 5-й километр нефтепроводов нуждается в реконструкции) и отсутствие надежных способов защиты металла труб от коррозии (98% нефтепроводов, построенных в 1970-е г., требуют замены);

- наличие около 18 тыс. кустовых площадок, размещенных на низинных болотах, склонах речных долин, приозерных террасах и имеющих крайне ненадежную конструкцию обвалования и шламовых амбаров, что ведет к загрязнению водоемов нефтепродуктами;

- разветвленная сеть наскоро построенных внутри- и межпромысловых дорог, не имеющая необходимого количества водопропускных сооружений;

- недостаточная надежность энергосистем, обеспечивающих нефтепромыслы (из-за частых отключений электроэнергии про-

исходят аварийные сбросы больших объемов нефти и ее попадание в водоемы);

- открытое фонтанирование нефти, газа, пластовых вод из скважин вследствие нарушения технологии бурения;

- самовольное бурение скважин без предварительной проработки проектных решений и экологической экспертизы.

По официальным данным, на территории ХМАО-Югры в системе нефтесбора в среднем происходит более 2,5 тыс. аварий в год. Нами проанализирована *динамика аварийности* нефтесборных коллекторов на промыслах ХМАО-Югры с 1991 по 2008 г. (рис. 10).



Рис. 10. Динамика аварийности на трубопроводах в ХМАО-Югры с 1991 по 2008 г.

(по материалам Обзоров о состоянии окружающей природной среды 1997-2001 гг. и Информационных бюллетеней 2002-2006, 2008 гг.; Техногенное воздействие ..., 2009)

Максимум числа аварий отмечается в середине 90-х гг. прошлого столетия и в 2007 г. Рост аварийности в 1990-е гг. подтверждается сведениями С. Н. Голубчикова (2004) о том, что общая длина аварийных трубопроводов в 1991-1995 гг. по округу возросла в 7,5 раза при удлинении общей сети лишь в 1,4 раза; применение ингибитора коррозии сократилось в 2,6 раза. В настоящее время наблюдается новый рост числа аварий, достигший в 2007 г. наибольшей величины за весь период наблюдений — 5480 шт. По нашему мнению, причина этого в том, что в 2001-2003 гг. после «упадка» в 90-х г. прошлого столетия наступил период подъема и началось интенсивное исполь-

зование простаивавших старых мощностей (в том числе и коллекторов), строительство новых. Принимая во внимание значительную обводненность продукции многих эксплуатируемых месторождений, следовало ожидать роста числа аварий (порывов) в системах нефтесбора и ППД через 2-3 года, что и произошло.

Необходимо отметить: в официальных отчетах указывается, что практически все разливы нефтесодержащих жидкостей происходят при авариях (отказах) на нефтепроводах, а утечки с кустовых площадок не учитываются. Результаты выполненного нами наземного картирования показывают, что на месторождениях с длительным сроком эксплуатации доля утечек с площадных объектов составляет 50-60% по числу и 40-65% — по площадям в суммарном загрязнении. Распределение разливов нефти по типам объектов следующее:

Месторождение	Кустовые площадки				Нефтепроводы			
	число	%	S, га	%	число	%	S, га	%
Аганское	113	57	36,48	65	87	43	19,83	35
Мыхпайское	47	50	50,13	59	47	50	34,80	41
Самотлорское*	209	54	157,44	41	181	46	227,01	59

Примечание: * — территория НГДУ «Белозернефть».

Такая односторонность статистической отчетности является одной из причин *явного несоответствия* официальных сведений и фактического загрязнения земель нефтью. Принимая во внимание тот факт, что именно на кустовые основания приходится основная часть сооружаемых на месторождениях площадных объектов, следует согласиться с мнением Б. Е. Чиждова (1995): кусты скважин экологически являются самыми опасными объектами нефтедобычи, требующими постоянного контроля. Это подтверждается также результатами проверки состояния 2436 кустовых площадок, проведенной районными комитетами по охране окружающей среды и природных ресурсов ХМАО-Югры в 1996 г. Было установлено, что загрязнение нефтью присутствует на 39,9% площадок, при этом каждая 7-я имеет загрязнение за пределами обваловки (Обзор ..., 1997).

Следует учитывать и то, что недропользователи, опасаясь как личной, так и корпоративной ответственности, скрывают реальные объемы аварийности. Среди возможных причин, по которым недро-

пользователи не стремятся собирать сведения о нефтяном загрязнении, С. Я. Трофимов (2006) выделяет:

- низкая численность инспекторов МПР России в регионах (косвенно об этом можно судить по статистике аварийности — на следующий год после ликвидации Госкомэкологии России число аварий на месторождениях некоторых компаний в ХМАО безо всяких объективных причин сократилось в несколько раз);

- невыгодность рекультивации: в случае аварийного разлива гораздо дешевле заплатить штраф;

- отсутствие в штате специалистов соответствующего профиля.

§5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЛИКВИДАЦИОННОГО ЭТАПА

Этап ликвидации является завершающей стадией освоения месторождений углеводородного сырья. Наиболее сложный, ответственный и дорогостоящий процесс на этом этапе — ликвидация отработанного фонда разведочных, нефтегазодобывающих и нагнетательных скважин или их консервация для другого назначения. Например, в ЯНАО за 1997-2004 гг. за счет средств регионального бюджета ликвидировано 239 скважин на нераспределенном фонде недр на общую сумму более 1,2 млрд руб. Для ЯНАО очень актуальна проблема старого фонда глубоких скважин, пробуренных за счет государственного бюджета. В целом в округе ликвидации подлежат около 400 нефтяных и газовых скважин.

По сведениям горнадзора Северо-Уральского управления Ростехнадзора по ЯНАО, на территории округа находится 5 350 поисково-разведочных и оценочных скважин, пробуренных в период с 1958 по 2001 г. Из 1199 федеральных скважин в нераспределенном фонде недр ликвидированы 963 скважины, 214 законсервированы и 22 не завершены строительством (Поляруш, 2010). Значительная их часть пробурена более 25 лет назад и представляет *потенциальную опасность* для окружающей среды и населения. Согласно нормативам, скважины требуют ликвидации по истечении 10 лет (<http://www.peelov.ru>). В ближайшем будущем объем ликвидационных работ бу-

дет увеличиваться, что потребует обоснованного прогноза экологических последствий. Основанием такого прогноза может стать анализ состояния выведенных из эксплуатации объектов (ликвидированных и законсервированных геологоразведочных скважин, товарных парков сбора нефти и пр.).

Инвентаризация геологоразведочных скважин на нефть и газ, проведенная Министерством природных ресурсов РФ в 2003 г., показала, что общее число пробуренных параметрических, поисково-оценочных и разведочных скважин в России составляет около 74 тысяч. Техническое состояние 6 тысяч скважин нераспределенного фонда и 10 тысяч скважин распределенного фонда, не имеющих балансодержателя, *представляет опасность* для окружающей среды и недр из-за нефте-, газо- и водопроявлений (<http://www.infoil.ru>; Урсу, 2006).

Оценка технического состояния построенных силами Главтюменьгеологии в период с 1952 по 1958 г. поисково-разведочных скважин в Березовском районе, проведенная ООО «Тюменьтрансгаз», установила, что большая часть их находится в длительной консервации. Устья нескольких скважин герметизированы нестандартными запорными устройствами без манометров. В большинстве скважин колонны обсадных труб обрезаны, их устья незагерметизированы, а в нескольких скважинах наблюдается выход газа или перелив пластовой воды с газом. Несколько скважин оказались в руслах рек! Во всех скважинах цементный раствор за эксплуатационными колоннами не поднят в башмак кондуктора, и в не перекрытых цементным раствором интервалах осталось большое количество коллекторов, насыщенных минерализованной водой с растворенным газом. Неизвестны интервалы расположения установленных в колоннах цементных мостов. В нескольких скважинах не указаны интервалы проведенной перфорации колонн. На территории площадок некоторых скважин, запланированных к ликвидации, находятся брошенные лесоматериалы, металлоконструкции, трубы (Групповой технический проект ..., 2002).

Критериями необходимости ликвидации скважин являются (Инструкция о порядке ликвидации, 2000):

- выполнение своего назначения,
- невозможность эксплуатации по геологическим причинам,
- невозможность эксплуатации по техническим причинам,
- невозможность эксплуатации по технологическим, экологическим и другим причинам.

При ликвидации или консервации скважины основная опасность связана с возможными газонефтеводопроявлениями, которые при определенных условиях могут перейти в выброс, а затем и в открытый (неуправляемый) фонтан. В период с 1992 по 2002 гг., по данным тюменского управления Госгортехнадзора, на территории Тюменской области на заброшенных скважинах было зарегистрировано 58 открытых фонтанов, из которых 44 сопровождалось пожарами (<http://www.oilcapital.ru>, 2003), часто встречаются ликвидированные скважины под значительным внутрискважинным давлением. При авариях на таких объектах *особую опасность представляет* выход на поверхность пластовых рассолов, нефти, природного газа и сероводорода.

Процедура ликвидации и консервации скважин необходима для предотвращения загрязнения солеными промысловыми водами пресных грунтовых вод. Она заключается в цементировании ствола скважины (рис. 11). При этом, во-первых, из скважины требуется, по возможности, извлечь обсадную колонну, которую впоследствии можно использовать. Во-вторых, все истощенные пласты должны быть изолированы с помощью установки на их уровнях цементных пробок (Хайн, 2004).

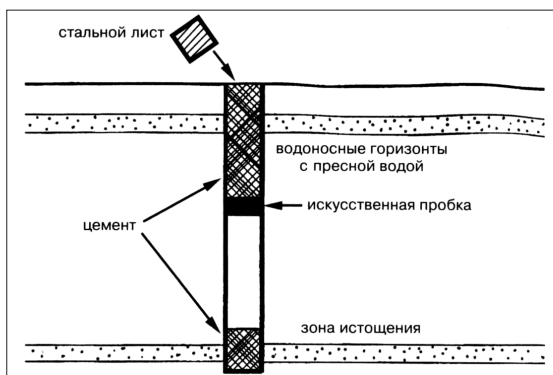


Рис. 11. Ликвидация скважины (по Хайну, 2004)

Ликвидация скважины представляет собой комплекс работ, связанных с ее выводом из эксплуатации, и производящийся по инициативе предприятия-недропользователя, других юридических или физических лиц, на балансе которых находится скважина, или в

иных случаях, установленных законодательством. Во всех случаях право контроля и ответственность за охрану недр и рациональное использование природных ресурсов остается за пользователем.

Ликвидация скважины без эксплуатационной колонны в зависимости от горно-геологических условий вскрытого разреза производится путем установки цементных мостов в интервалах залегания высоконапорных минерализованных вод и слабопродуктивных, не имеющих промышленного значения залежей углеводородов. Высота цементного моста должна быть на 20 м ниже подошвы и на столько же выше кровли каждого такого горизонта. Извлечение верхней части технической колонны с незацементированным затрубным пространством допускается при отсутствии в разрезе напорных и углеводородсодержащих горизонтов. При этом устье скважины оборудуется заглушкой (или глухим фланцем с вваренным патрубком и вентилем), установленной на кондукторе (технической колонне). На устье скважины устанавливается бетонная тумба размером 1х1х1 м с репером высотой не менее 0,5 м и металлической табличей, на которой электросваркой указываются номер скважины, месторождение (площадь), предприятие-пользователь недр, дата ликвидации.

Оборудование стволов при ликвидации скважин со спущенной эксплуатационной колонной *проводится следующим образом*. При подъеме цемента за эксплуатационной колонной выше башмака предыдущей колонны (технической колонны или кондуктора) устанавливаются цементные мосты против всех интервалов перфорации, интервалов негерметичности, установки муфт ступенчатого цементирования, в местах стыковки при секционном спуске эксплуатационной и технической колонн, интервале башмака кондуктора (технической колонны). Если по решению пользователя недр производится отворот незацементированной части эксплуатационной колонны, то устанавливается цементный мост высотой не менее 50 м на «голове» оставшейся части колонны. Оставшаяся часть скважины заполняется незамерзающей нейтральной жидкостью. При ликвидации скважин с нарушенной из-за аварии или корродирования колонной, вследствие длительных сроков эксплуатации проводятся исследования по определению наличия и качества цемента за колонной с установкой цементного моста в колонне с перекрытием всей прокорродировавшей части и на 20 м выше и ниже этого интервала с последующей опрессовкой оставшейся части колонны (Инструкция о порядке ликвидации, 2000).

Основные агенты и виды негативного воздействия на ОПС при ликвидации и консервации скважин следующие:

- технологический транспорт (ЦА-320, АЦН-10, СМН-20),
- устье скважины,
- горюче-смазочные материалы,
- жидкость глушения (солевой раствор, глинистый раствор, и т. п.),
- продукты сгорания топлива при работе ДВС установки, ППУ,
- хозяйственные твердые и жидкие отходы,
- продукты скважины (пластовый флюид).

Экологические последствия на этой, завершающей стадии освоения месторождений углеводородного сырья сходны с последствиями геологоразведочного бурения, но превышают их по масштабам. *Основную угрозу* представляют стойкие очаги химического загрязнения среды, к которым относятся: нерекультивированные разливы нефти, брошенные буровые амбары и полигоны хранения отходов, подтекающие скважины с разрушенным устьем, емкости с ГСМ и пр.

Приблизительное представление о продолжительности и характере послеэксплуатационного воздействия можно получить, анализируя состояние старых разведочных скважин. Например, буровой шлам, находящийся в амбаре около разведочной скважины (обследованной нами в Нефтеюганском районе и пробуренной в 1969 г.), имел стойкий запах нефти. Анализы показали, что содержание нефтепродуктов в шламе ($C_{10}-C_{40}$) составляло 5870 мг/кг. Наши исследования свидетельствуют, что количество нефтепродуктов в донных осадках буровых амбаров 20-30-летней давности может достигать нескольких граммов на килограмм, а в местах хранения ГСМ почва имеет запах нефтепродуктов на глубине более чем в 1,5 м.

Результаты наших обследований территорий старых разведочных скважин и демонтированных нефтебаз показали, что процессы самовосстановления растительности в средне- и южнотаежных лесах идут успешно. Количество подроста хвойных пород (ель, сосна) на некоторых участках буровых площадок достигало 100 тыс. шт. На рисунке 12 показана динамика сомкнутости крон древесных растений на ликвидированных разведочных объектах. К 30-35 годам древостой формируется по всей площадке. Территории нефтебаз практически полностью покрываются травянистой и кустарниковой растительностью сразу после завершения эксплуатации.

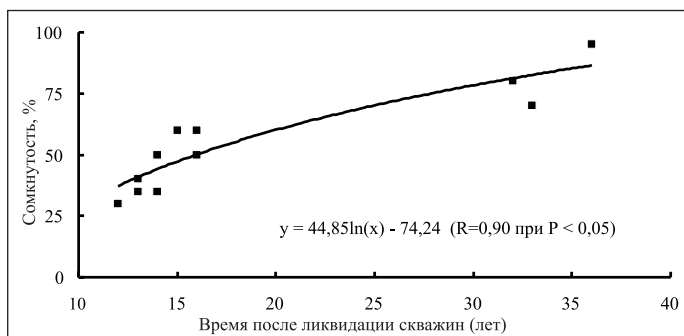


Рис. 12. Сомкнутость крон древесных растений на площадках разведочного бурения

Основную угрозу для восстановления растительности на остальной территории представляют стойкие очаги нефтяного загрязнения почвы. Концентрации нефтепродуктов в очагах загрязнения составляют, мг/кг:

Подтекающая разведочная скважина, почва около устья	0,5*10 ⁵ -1,5*10 ⁵
Разведочная скважина, место склада ГСМ, почва	0,1*10 ⁵ -0,3*10 ⁵
Резервуарные парки нефтебаз, почва	0,2*10 ⁵ -0,9*10 ⁵

Результаты проведенных нами вегетационных опытов по оценке влияния нефти на прорастание семян и развитие проростков растений показали, что «безопасный» уровень загрязнения почв нефтью составляет для всходов хвойных пород — 0,1*10⁵ мг/кг, а для травянистых растений — 0,5*10⁵ мг/кг. Наиболее токсичны фракции нефти, входящие в состав дизельного топлива.

При существующих технологических приемах и «культуре» добычи нефти следует полагать, что *минимизация уровня негативных последствий* освоения и эксплуатации месторождений на территории округа, да и всей Западной Сибири, *затянется на десятилетия*. Говорить о полном восстановлении естественной природной среды можно лишь в плане обсуждения естественного хода биогеоценотических и геологических процессов на Земле и роли в них человека.

ГЛАВА 3

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕФТЕДОБЫЧИ НА АБИОТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ТАЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ

§ 1. ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ СРЕД

Под абиотическими мы понимаем не относящиеся к живым организмам процессы, факторы и объекты окружающей природной среды — экосферу. Важнейшими абиотическими компонентами таежных экосистем являются атмосферный воздух, почва, поверхностные воды. В отечественной литературе сложилось двоякое толкование термина «экосфера» (гр. ойкос — дом и гр. сфера — шар). Дискуссия сводится к снижению статуса экосферы как составной части биосферы, либо экосфера представляется как оболочка более высокого (над-биосферного) ранга. В качестве примеров первого толкования можно привести высказывания Н. Ф. Реймерса, В. В. Козина, В. А. Петровского, Г. Н. Голубева. Н. Ф. Реймерс (1993) определяет экосферу как совокупность свойств Земли, создающих на ней условия для развития жизни: биотоп биосферы или сфера воздействия Солнца, в которую входит Земля как планета. Термин «экосфера» для биоты употребляется им как синоним терминов «геосфера» и «экотоп». По В. В. Козину и В. А. Петровскому (2005), экосфера — совокупность абиотических объектов и характеристик Земли, создающая на ней условия для развития жизни. Синонимами являются термины «ландшафтная сфера» «геосфера» и «геобиосфера». Г. Н. Голубев (2006) определяет экосферу как взаимосвязанную систему геосфер в процессе ее интеграции с обществом.

Второй точки зрения придерживаются, в частности, Т. А. Акимова, В. В. Хаскин, В. Д. Федоров, Т. Г. Гильманов. По мнению Т. А. Акимовой и В. В. Хаскина (2006, 2007), экосфера представляет собой глобальную эколого-экономическую систему, арену взаимодействий человека и природы: экосфера = современная биосфера +

социосфера + техносфера. Авторы выводят человеческое общество и самого человека за пределы биосферы, причем результатом антропогенеза считают формирование качественно новых (по отношению к биосфере) сфер — социосферы и техносферы. Экосфера представляется глобальной надуровневой системой, включающей биосферу планеты. В. Д. Федоров и Т. Г. Гильманов отдают предпочтение термину «экосфера», предложенному Л. Колом (Cole, 1958, См.: по Федоров, Гильманов, 1980), для обозначения совокупности всего живого на Земле вместе с его непосредственным окружением и ресурсами. Уточняя это понятие, авторы рассматривают экосферу как глобальную систему, объединяющую все современные экосистемы Земли (Федоров, Гильманов, 1980).

Важнейшей особенностью экосистемного подхода является изучение реакции биологических систем на химическое воздействие. Характеристики биоты в условиях трансформации химизма абиотической среды, проявляющегося в ее структурных, морфологических и физиологических нарушениях, изменении биологического круговорота веществ, дают объективные критерии при оценке экологической ситуации. *Основой анализа* регионального загрязнения, по мнению Д. В. Московченко (1998), должно служить фоновое исследование в элементарных ландшафтно-геохимических системах вместе с изучением миграционных потоков вещества. Это дает возможность определить характер геохимической трансформации экосистем в результате загрязнения, а также может послужить основой для построения математических моделей.

Составной частью геоэкологических исследований при оценке воздействия на окружающую природную среду в ходе освоения месторождений углеводородного сырья является региональный эколого-геохимический анализ состояния природных сред. В настоящее время *особую актуальность* имеют геохимические сведения о территориях, не испытывающих либо испытывающих техногенное воздействие нефтедобычи в минимальной степени. Эти данные по своей сути являются фоновыми (контрольными) геохимическими сведениями о естественных природных средах перспективных нефтегазоносных территорий.

По мнению М. А. Глазовской (1998), в лесном поясе при значительных запасах живой биомассы умеренной емкости, скорости биогеохимического круговорота и сочетании ландшафтов кислого, кис-

лого глеевого и локально кальциевого класса водной миграции активны процессы глеево-элювиального выщелачивания, интенсивного детритогенеза и оксидогенеза, на значительных пространствах Сибири осложненные современным криогенезом. Ведущие геохимические процессы в мерзлотных тундрово-таежных районах определяются наличием вечномерзлых почв, грунтов, ископаемых льдов, длительным замерзанием водоемов, широким распространением болот и заболоченных территорий, с одной стороны, расчлененных высоких равнин и плато с интенсивным развитием денудационных процессов — с другой. Для районов характерна длительная аккумуляция нефтепродуктов на низкотемпературных, восстановительных и седиментационных барьерах, медленная минерализация в почвах, накопление нерастворимых веществ в водоемах и в донных отложениях, формирование сероводородных обстановок и барьеров, разбавление водорастворимых загрязняющих веществ водами поверхностного стока. В таежно-лесных районах достаточное атмосферное увлажнение, промывной режим в дренированных почвах создают условия для выщелачивания водорастворимых органических и минеральных загрязняющих веществ, их дальнейшей миграции с грунтовыми и поверхностными водами, разбавления и рассеяния. Широкое распространение болот на низменных равнинах обуславливает аккумуляцию нефтепродуктов на восстановительных барьерах, формирование сероводородных барьеров.

Атмосферный воздух. На формирование химического состава атмосферного воздуха определяющее влияние оказывает природный фактор, связанный с особенностями фоновой геохимической ситуации. Проведенные нами полевые обследования фонового состояния в северотаежной и среднетаежной подзонах Западной Сибири преимущественно учитывали такие компоненты, как взвешенные вещества, диоксид серы, диоксид и оксид азота, суммы предельных углеводородов, оксид углерода, сажа, бензо[а]пирен. Результат измерений содержания взвешенных веществ в атмосфере изменяется в пределах 0,19–0,48 и в среднем составляет 0,32 мг/м³, при нормативе ПДК взвешенных частиц в воздухе населенных мест 0,50 мг/м³. В ряде проб показатель запыленности ниже предела обнаружения метода измерений. В целом, по содержанию взвешенных частиц атмосферный воздух фоновых территорий следует отнести к *незапыленному*.

По результатам фоновых анализов, ни в одной пробе не было зафиксировано наличие диоксида серы на уровне выше $0,05 \text{ мг/м}^3$ (предельно допустимый среднесуточный уровень содержания SO_2). Ни в одной из проб не было зафиксировано наличие оксида и диоксида азота на уровне чувствительности приборов и, следовательно, их содержание существенно ниже ПДК. Результаты обработки измерений содержания предельных углеводов в атмосферном воздухе показали в среднем $1,61 \text{ мг/м}^3$ (ПДК составляет 1 мг/м^3). Содержание сажи и бензо[а]пирена ни в одной из проб не зафиксировано на уровне чувствительности использованных методов анализа. Найденное максимальное содержание оксида углерода составляло $2,4 \text{ мг/м}^3$, что ниже среднесуточного уровня ПДК.

Исследования Э. И. Валеевой и Д. В. Московченко (2000), основанные на лишеноиндикации, также показали, что содержание микроэлементов укладывается в рамки среднемировых экологических норм: хрома и никеля ниже, чем на фоновых участках других северных территорий, меди, свинца и марганца — на фоновом уровне. Содержание железа весьма высоко, поскольку оно является одним из типоморфных элементов зоны тундры и северной тайги.

По результатам проведенных исследований *можно сделать вывод*, что атмосферный воздух фоновых территорий нефтегазопромыслов районов Западной Сибири является незагрязненным.

Снежный покров. Обладает высокой сорбционной емкостью. Длительность его существования на территории таежной зоны Западной Сибири достаточно велика — от 5 до 9 мес. Химический анализ снега позволяет достаточно объективно оценить характер загрязнения, распространяющегося воздушным путем, и потенциальную экологическую опасность.

В ионном составе талых снеговых вод таежной зоны прослеживаются закономерности, обусловленные как зональным характером атмосферных осадков, так и особенностями циркуляции воздушных масс в Арктике и Субарктике. В северной тайге отмечается значительное возрастание доли гидрокарбонат-иона и катиона кальция (Лычагин, 1981). Влияние акваторий на химический состав атмосферных осадков распространяется не далее 200–250 км в глубь континента (Корзун, 1989). В более южных районах, в таежной зоне талая снеговая вода имеет сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевый состав (Московченко, 1998). В направлении с севера на юг характерно падение доли Na^+ и повышение доли Ca^{2+} и Mg^{2+} . Общая минерализация ат-

мосферных осадков на фоновых участках отличается в незначительных пределах — в среднем от 11 до 20 мг/л, что позволяет отнести их к осадкам со слабой минерализацией. Реакция среды талых снеговых вод меняется от слабокислой в лесотундровых ландшафтах (рН 5,6–5,8) до нейтральной — в таежных (рН 6,1–6,8).

Содержание тяжелых металлов в снеге, в целом, не выходит за рамки величин, приводимых для фоновых участков других северных районов (Соломатин и др., 1989; Gorzelska, 1987). Отмечено лишь повышенное содержание Mn — типоморфного элемента таежной зоны.

Содержание органических веществ (метанола, диэтиленгликоля, бензола, толуола, этилбензола) в снеге в большинстве случаев находится ниже предела чувствительности метода анализа. В тех случаях, когда было возможно провести количественное определение, концентрации этих веществ обычно не превышали установленных ПДК. Среди органических веществ главным загрязнителем является фенол. В частности, по Сургутскому району концентрации фенола в талой снеговой воде изменяются в пределах 0,003–0,012 мг/л (Московченко, 1998).

Поверхностные воды. Короткое лето, особенности гидрологического режима (длительный ледостав, растянутое весеннее-летнее половодье, преимущественно снеговое питание с заболоченных водосборов) определяют гидрохимические особенности рек таежной зоны Западной Сибири: кислые значения рН, дефицит растворенного кислорода, высокая цветность, высокие концентрации соединений железа. Характерный показатель рН для вод данной ландшафтной зоны составляет 5,50–7,00 ед. (Лезин, 1999). В целом, для водотоков характерна картина дефицита кислорода с максимальным проявлением в период зимней межени, что обусловлено замедленным водообменом. Высокая цветность объясняется прежде всего снижением уровня воды с одновременным концентрированием органического вещества.

Железо является типоморфным элементом в таежных ландшафтах. Подвижное в кислой среде, оно легко мигрирует в водотоки в составе органоминеральных комплексных соединений с поверхностно-склоновыми водами. Средняя концентрация общего железа в разные гидрологические сезоны варьировала в диапазоне 2,76–4,92 мг/дм³. Следовательно, установленный норматив ПДК_{вр} (0,1 мг/дм³) не является подходящим критерием оценки качества воды рек, которые отличаются низкой минерализацией и имеют гидрокарбонатно-кальциевый состав (Алекин, 1970). Для ненарушенных участков водотоков таежной зоны Западной Сибири характерно невысокое содержание хлорид-ионов.

Так, до начала нефтяного освоения территории содержание хлоридов в Оби составляло менее 10 мг/л (Уварова, 1989, Михайлова, 1991). Во все гидрологические сезоны значительную долю составили пробы, в которых концентрация хлоридов не превышала 1 мг/дм³.

Для рек с заболоченными водосборами характерно высокое содержание восстановленных форм минерального азота (до 10 ПДК). Это обусловлено окислительно-восстановительной обстановкой в таежных ландшафтах с характерным дефицитом кислорода, необходимого для нитрификации. Данный факт подтверждается присутствием в большинстве проб воды нитритного азота, накопление которого связано с расходом кислорода на окисление органических веществ и, как следствие, торможением второй стадии нитрификации. Высокие концентрации нитратного азота, напротив, не характерны для водотоков Среднего и Нижнего Приобья. В вегетационный период азот нитратов потребляется водной растительностью и фитопланктоном, что обуславливает его низкие концентрации. В период зимней межени его содержание также относительно низкое вследствие дефицита кислорода.

Присутствие фосфат-ионов в водах рек является природным фактором и обусловлено процессами трансформации органического вещества. В период вегетации фитопланктона концентрация фосфат-ионов в воде низкая, в период зимней межени происходит накопление фосфатов в водотоках, что объясняется максимальной степенью разложения органического вещества и отсутствием потребления минерального фосфора гидробионтами.

Наиболее высокое фоновое содержание нефтепродуктов было зафиксировано в конце 1970-х — начале 1980-х гг., когда воды рек Вах, Ватинский Еган, Пим, Салым характеризовались содержанием нефтепродуктов на уровне от 0,1 до 2,7 мг/дм³, а фоновое содержание нефтяных углеводородов в русле Оби превышало ПДК_{вр} в 4–6 раз (Михайлова, 1991). В конце 1990-х гг. содержание нефтяных углеводородов (НУВ) в поверхностных водах ХМАО–Югры при отсутствии аварийных разливов изменялось от 0,01 до 0,2 мг/дм³ (Уварова, 2000). В настоящее время средние фоновые концентрации НУВ также составляют 0,05–0,2 мг/дм³ (1–4 ПДК).

Геохимические особенности поверхностных вод определяют их *низкое качество*. Рассчитанный на основе наших многолетних наблюдений индекс загрязнения вод (ИЗВ) по всей территории таежной зоны изменяется в пределах от 1,2 до 4,9. В соответствии с при-

нятой классификацией (табл. 10) фоновое качество воды изменяется от умеренно грязной до грязной.

Таблица 10

**Критерии индекса загрязнённости поверхностных вод
(Методические..., 2004)**

Класс качества	Характеристика качества	Величина ИЗВ
1	Очень чистая	$\leq 0,2$
2	Чистая	$\geq 0,2$ до 1
3	Умеренно-грязная	> 1 до 2
4	Загрязнённая	> 2 до 4
5	Грязная	> 4 до 6
6	Очень грязная	> 6 до 10
7	Чрезвычайно грязная	≥ 10

Подробный анализ состояния поверхностных вод ХМАО-Югры проводится в монографии А. Г. Бабушкина, Д. В. Московченко и С. В. Пикунова «Гидрохимический мониторинг поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа — Югры» (2007).

Болота. Главной особенностью состава торфа по многолетним наблюдениям, подтверждаемым исследованиями Д. В. Московченко (2006), являются высокие показатели содержания железа, марганца, хрома и малые концентрации кадмия. Железо и марганец — типоморфные для таежной зоны элементы. Несколько выше средних значений концентрации меди. Современный уровень атмосферных выпадений металлов невелик, и их содержание в сфагновых мхах соответствует уровню на фоновых территориях.

Донные отложения. Поскольку утвержденные экологические нормативы содержания микроэлементов в донных отложениях отсутствуют, при анализе полученных результатов используются ПДК для почв (валовые формы) и данные о содержании микроэлементов в донных отложениях рек Обь-Иртышского бассейна из литературных и фондовых источников.

Среднее содержание меди в донных отложениях рек и озер Тюменской области 13,5 мг/кг (Московченко, 1998). Содержание меди в донных отложениях в районе устья Иртыша колеблется в пределах 8,19-13,23 мг/кг (Обзор..., 1998). С учетом ПДК меди (валовые фор-

мы) от 23 до 100 мг/кг (Справочник..., 1990; Касьяненко, 1992) можно сделать вывод о незначительном загрязнении этим элементом, не представляющем существенной экологической опасности.

Среднее содержание марганца в донных отложениях рек и озер Тюменской области 423 мг/кг (Московченко, 1998), в устье Иртыша оно колеблется от 3,85 до 975 мг/кг (Обзор..., 1998). Данные величины значительно ниже ПДК марганца для почв (1500 мг/кг).

Среднее содержание свинца в отложениях водоемов Тюменской области — 11,6 мг/кг (Московченко, 1998) при ПДК для почв — 32 мг/кг.

Содержание хрома в отложениях устья Иртыша составляет 15,47–24,06 мг/кг (Обзор..., 1998). Его среднее содержание в донных отложениях водоемов Тюменской области — 49,2 мг/кг, что соответствует среднерегиональным показателям.

Содержание цинка, по данным В. И. Уваровой (2000), 21–342 мг/кг, что в целом выше, чем его содержание в донных отложениях в районе устья Иртыша, составляющее 30,1–124,5 мг/кг (Обзор..., 1998). ПДК цинка для почв — 110 мг/кг. Можно отметить слабое загрязнение донных отложений Нижней и Средней Оби цинком.

Содержание нефтепродуктов в удалении от нефтепромыслов составляет от < 5 до 50 мг/кг, что, по классификации В. И. Уваровой (1989), относится к категории слабозагрязненных и умеренно загрязненных.

Почвы. Важнейшее значение для формирования состава почв, в особенности их поверхностных горизонтов, имеет *биологический круговорот химических элементов*. Региональная и зональная специфика биогеохимического круговорота и во многом связанных с ним почвообразовательных процессов определяет высокое разнообразие почвенно-геохимических условий. В соответствии с классификацией А. И. Перельмана (1966), в пределах тундровой и таежной зон распространены ландшафты кислого (Н) и кислого глеевого (Н-Fe) классов водной миграции. Оценка содержания тяжелых металлов в почвах Западной Сибири, проведенная В. В. Ильиным (1987), Д. В. Московченко (1998), представлена в таблице 11. Характерной особенностью болотных почв является содержание катионных элементов: никеля, меди, свинца, что обусловлено их биологическим накоплением с дальнейшим закреплением на торфяном геохимическом барьере.

**Валовое содержание микроэлементов
в почвах Западной Сибири, мг\кг
(по Ильину, 1987, Московченко, 1998)**

Элемент	I	II	III	ПДК
Mn	280,0	2 961,0	1446,0	нет
V	18,6	75,0	29,3	150,0
Ni	8,8	29,7	45,5	40,0
Cu	13,1	18,4	20,7	66,0
Zn	25,3	62,8	37,3	110,0
Pb	8,1	13,8	11,8	65,0

Примечание: I — подзолы песчаные (редколесье и северная тайга);
 II — таежные поверхностно-глеевые (северная и средняя тайга);
 III — почвы с гумусовым горизонтом (южная тайга и подтайга).

Самое низкое содержание микроэлементов — в поверхностном горизонте подзолов. Бедность минеральной основы, представленной преимущественно кварцевыми песками, усугубляется выносом гумусовых веществ. Для поверхностно-глеевых почв характерны повышенные концентрации прежде всего литофильных элементов, в частности марганца.

Для оценки экологической опасности тяжелых металлов большое значение имеет определение их подвижных форм, вовлекаемых в биогеохимические циклы миграции. Определение подвижных форм тяжелых металлов в подзолистых почвах показало, что максимальная миграционная активность характерна для никеля, меди и свинца (Московченко, 1998). Высокая подвижность данных элементов делает их потенциально *наиболее опасными* в случае техногенного загрязнения.

Согласно нашим исследованиям, в таежной зоне фоновый катионно-анионный состав почв соответствует нейтральной либо слабокислой реакции. Концентрации фенолов и полиароматических углеводородов (ПАУ) не превышают порога определения методов анализа. Содержание нефтяных углеводородов менее 80 мг/кг.

Расчет индекса загрязненности показал, что в 50% проб почва является *чистой* — ИЗВ от 0,2 до 0,8.

Повышенное значение индекса (1,1-4,9) обусловлено влиянием геохимических особенностей районов отбора проб. Обобщенные результаты наших исследований о загрязнении природных сред территории Тюменской области, включая автономные округа, представлены на рисунке 13. Таким образом, фоновое состояние почв можно характеризовать как *незагрязненное*.

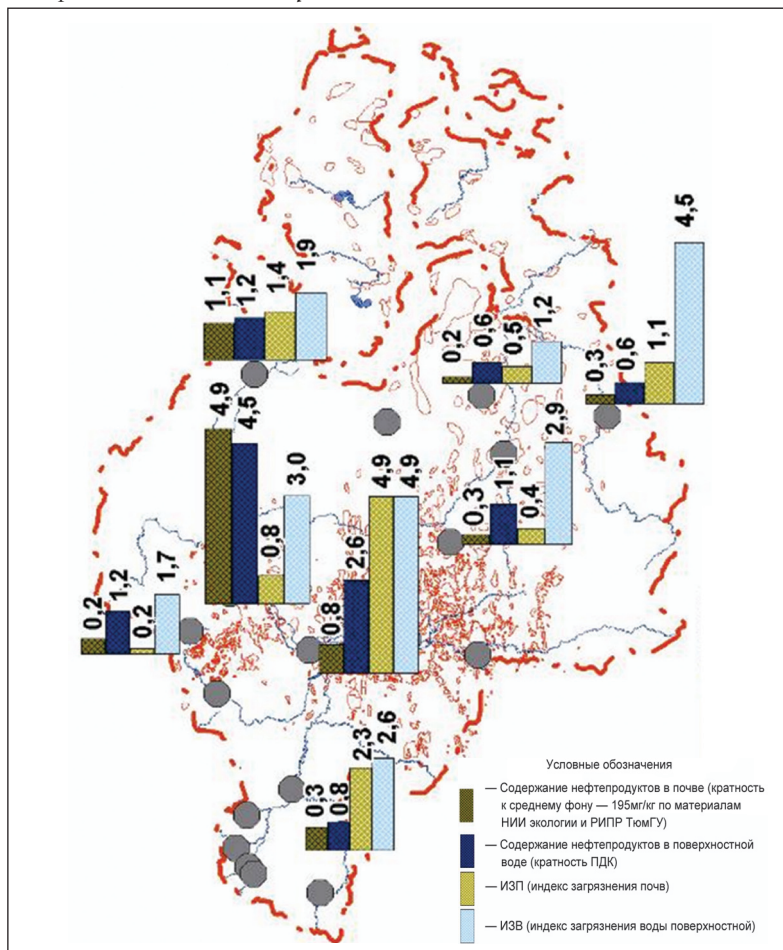


Рис. 13. Результаты геохимических исследований поверхностных вод и почв на территории Тюменской области

§ 2. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

По объему выбросов загрязняющих веществ в атмосферу нефтедобывающая отрасль стоит на третьем месте (около 20% выбросов от стационарных промышленных источников), при этом более половины отраслевых выбросов приходится на оксид углерода — 59% и примерно поровну на углеводороды — 16% и летучие органические соединения — 15% (Хайдаров и др., 2005).

В таежной зоне Западной Сибири нефтегазодобывающая промышленность является ведущей отраслью, определяющей специфику и уровни антропогенного загрязнения атмосферного воздуха. Например, в 2000 г. предприятия топливной промышленности севера Тюменской области выбросили в атмосферу 1,3 млн т загрязняющих веществ, или 68,2% всех объемов в регионе. На долю нефтедобывающей промышленности приходилось 52,4% выбросов, газовой — 14,9%. Мощным источником опасных загрязнений воздушного бассейна являются также продукты сгорания и несгоревшие остатки нефти, конденсата, природного и нефтяного газа в факельных системах (Панов и др., 1986). За 6 лет, с 2000 по 2005 г., общие выбросы из стационарных источников на территории ХМАО-Югры увеличились на 76% и в 2005 г. составили 3 млн т. (Обзор..., 2006). В 2006 г. выбросы загрязняющих веществ в атмосферу на территории округа составили 2 млн 800 тыс. т, в 2007 г. — 2 млн 917 тыс. т, в 2008 г. — 3 млн 3 тыс. т (О состоянии ..., 2008, Техногенное воздействие ..., 2009).

Поисково-разведочный этап. *Сейсморазведка.* Основное воздействие на атмосферный воздух при сейсморазведочных работах проявляется в загрязнении воздуха выбросами ЗВ из стационарных (печи, электростанции, склады и места заправки ГСМ, электросварочные посты в полевых лагерях сейсморазведочных партий) и передвижных источников (автотранспорт, гусеничный транспорт, буровое оборудование, бензопилы). Основную долю в загрязнение атмосферы вносят передвижные источники, которые в процессе полевых работ рассредоточены и значительно удалены друг от друга. *Основными загрязняющими веществами* являются окислы азота, оксид углерода, углеводороды (суммарно). На их долю приходится более 80% всех выбросов. Расчеты уровня загрязненности атмосферы позволяют утверждать, что при традиционно используемом наборе техники в одной точке предельных концентраций загрязняющих веществ с учетом их рассеивания не образуется (Самсоненко, 2004).

Перечень и расчетные объемы загрязняющих веществ при 3D сейсмозаземке на Северо-Губкинском и Присклоновом ЛУ приведен в таблице 12.

Таблица 12

**Объемы выбросов основных 3В
при сейсмозаземке МОГТ по схеме 3D**

Вещество	Кол-во на 100 км², т	Доля в общем объеме, %
Окислы азота	5,205638	37,07
Диоксид серы	0,500000	3,56
Оксид углерода	5,980000	42,58
Углеводороды	0,098788	0,70
Керосин	1,460900	10,40
Формальдегид	0,058000	0,41
Летучая зола	0,145000	1,03
Сажа	0,576000	4,10
Прочие	0,020174	0,15
Итого:	14,045000	100,00

Необходимо отметить, что при экологическом согласовании проектов на производство сейсмозаземочных работ, при расчетах выбросов в атмосферу не учитываются выбросы от взрывов. При больших объемах взрывных работ масса выбрасываемых в атмосферу веществ может быть значительной. Разложение тротила при взрывном превращении происходит в соответствии с уравнением реакции:



Тепловой эффект составляет 4235 кДж/кг, при этом на 1 кг тротила выделяется 0,750 м³ газообразных продуктов (табл. 13).

Таблица 13

**Количество веществ, образующихся
при взрыве тротиловой шашки в шурфе**

Вещество	Фаза	Кол-во на 1 кг тротила
CO, м³	газ	0,345
C (сажа), кг	твердое	0,185
N ₂ , м³	газ	0,148

Во время взрыва образующаяся в шурфе вода представляет собой двухфазную систему газ — жидкость и, следовательно, объем газов будет представлен оксидом углерода и азотом. Общее количество газообразных продуктов, образованных этими веществами, может составлять 0,493 м³. Тротил имеет большой отрицательный кислородный баланс, из-за чего при его взрыве выделяется также значительное количество твердых продуктов — сажи. В качестве примера приведем расчет объема выделяющихся газообразных и твердых загрязняющих веществ при сейсморазведочных работах МОГТ по схеме 3D с проведением подрывов 10 644 зарядов весом около 1 кг каждый на лицензионных участках Северо-Губкинского и Присклонового месторождений в полевой сезон 2005-2006 гг.:

- СО (оксид углерода): $0,345 \times 10644 = 3672$ кг;
- С (углерод, сажа): $0,185 \times 10644 = 1969$ кг.

Расчетные значения ПДВ от других источников на весь период работ составляют: по СО — 11,94 т и по саже — 1,152 т, т. е., не учитывается около 24% оксида углерода и 63% сажи.

Геологоразведочное бурение. При строительстве скважины загрязнение атмосферы происходит на следующих этапах: вышкомонтажные работы, подготовительные работы к бурению, бурение и крепление скважины, испытание скважины.

Основными источниками загрязнения атмосферы на площадке буровой являются: котельная ПКН-2М, передвижная электростанция, выхлопные трубы дизельной электростанции, двигатели дизельной установки, дымовые трубы котельной, дыхательные устройства резервуаров, предназначенных для приема, хранения и отпуска нефтепродуктов, устьевое оборудование. Продукты испытания скважин (нефть) используются в качестве топлива котельной. Автоматизированные расчеты приземных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, содержащихся в выбросах при геологоразведочном бурении, выполненные по программе «Эколог», показали, что загрязнение атмосферного воздуха вредными веществами составляет менее ПДК (м. р.) для населенных мест на границе санитарно-защитной зоны. В таблице 14 в качестве примера приведено расчетное количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу при строительстве и испытании разведочных скважин Южно-Галяновского и Северо-Селияровского лицензионных участков.

**Выбросы ЗВ при перевозке бурового оборудования,
строительстве и испытании разведочных скважин**

Вещество	Количество при бурении		Количество при испытании	
	г/с	т/скв	г/с	т/скв
Железа оксид	0,0071732	0,0010588	нет	нет
Марганец и его соед.	0,0007321	0,0001080	нет	нет
Натрия карбонат	0,0013910	0,0000802	нет	нет
Азота диоксид	2,8608723	10,5968058	0,2133333	0,7744000
Азота оксид	0,4633288	1,7218550	0,0346667	0,1258400
Сажа	0,2292594	0,8276210	0,0138889	0,0484000
Серы диоксид	0,9374400	3,5018112	0,0333333	0,1210000
Сероводород	0,0000403	0,0000040	0,0000403	0,0000003
Углерода оксид	2,4035805	8,9768435	0,1722222	0,6292000
Фтористый водород	0,0002273	0,0000335	нет	нет
Углеводороды C ₁ -C ₅	0,0051987	0,0081306	0,0080360	0,0291610
Углеводороды C ₆ -C ₁₀	0,0212199	0,0331875	0,0328014	0,1190298
Бенз(а)пирен	0,0000050	0,0000200	0,0000003	0,0000013
Формальдегид	0,0420000	0,1560000	0,0033333	0,0121000
Акрилонитрил	0,0001411	0,0005242	нет	нет
Акриламид	0,0000190	0,0000706	нет	нет
Керосин	1,0150000	3,7440000	0,0805556	0,2904000
Масло минеральное	0,0014444	0,0000001	0,0014444	0,0000004
Углеводороды C ₁₂ -C ₁₉	0,0143486	0,0014268	0,0143486	0,0001143
Стеарин	0,0000595	0,0002211	нет	нет
Взвешенные вещества	0,1486464	0,0085620	нет	нет
Пыль неорганическая 70-20% SiO ₂	0,4169111	0,0240361	нет	нет
Натрий КМЦ	0,0010390	0,0000598	нет	нет
НТФ	0,0000151	0,0000560	нет	нет
Всего:	8,5700930	29,6025158	0,608004	2,1496471

Этап геологоразведочных работ характеризуется *более высоким*, по сравнению с сейсморазведкой, *уровнем загрязнения атмосферы*. При этом загрязнение атмосферы на границе санитарно-защитной зоны скважины (500 м) по всем веществам и группам суммаций, рассчитанное для площадки буровой, составляет меньше 1 ПДК.

Этап строительства. При строительстве объектов добычи, транспорте и подготовке углеводородного сырья, бурении скважин и прокладке внутри- и межпромысловых трубопроводов *основными источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу* являются двигатели строительных машин, механизмов и электрогенераторов, работающих на дизельном топливе. В таблицах 15-17 представлено расчетное количество выбрасываемых в атмосферу ЗВ при строительстве проектируемых объектов межпромысловой магистрали и магистрального нефтепровода на примере нескольких ЛУ.

Таблица 15

**Количество выбрасываемых в атмосферу ЗВ
при строительстве объектов Уренского ЛУ, т**

Вещество	Площадные объекты	Линейные объекты		Итого
		нефтеесборные сети	внутрипромысловые дороги	
Железа оксиды (пыль мет.)	0,26	0,06	0,16	0,48
Марганец и его соединения	0,01	0,01	0,01	0,03
Диоксид азота	131,25	44,97	66,23	242,45
Сажа	46,79	7,22	8,90	62,91
Сернистый ангидрид	60,76	9,12	13,43	83,31
Углерода оксид	306,61	47,71	70,45	424,77
Фтористый водород	0,005	0,01	0,01	0,03
Фториды плохорастворим.	0,0003	0,004	0,05	0,05
Ксилол	0,11	0,21	0,01	0,33
Бенз(а)пирен	2,1E-05	5,1E-06	2,3E-05	0,00
Формальдегид	0,20	0,05	0,11	0,36
Керосин	94,07	14,80	17,43	126,30
Уайт-спирит		0,21	0,01	0,22
Пыль неорган. 20-70% SiO ₂	0,01	0,003	6,90	6,91
Всего:	640,08	124,37	183,68	948,14

Таблица 16

**Количество выбрасываемых в атмосферу ЗВ
при строительстве объектов Усть-Тегусского ЛУ, т**

Вещество	Площадные объекты	Линейные объекты		Итого
		нефтесбор- ные сети	внутрипро- мысловые дороги	
Железа оксиды (пыль мет.)	0,21	0,10	0,26	0,57
Марганец и его соединения	0,01	0,01	0,02	0,04
Диоксид азота	105,00	74,69	110,01	289,70
Сажа	37,43	12,00	14,79	64,22
Сернистый ангидрид	48,61	15,14	22,30	86,05
Углерода оксид	245,29	79,25	117,01	441,55
Фтористый водород	0,004	0,01	0,02	0,03
Фториды плохорастворимые	0,0002	0,01	0,08	0,09
Ксилол	0,09	0,35	0,01	0,45
Бенз(а)пирен	1,7E-05	8,5E-06	3,9E-05	0,00
Формальдегид	0,16	0,08	0,19	0,43
Керосин	75,26	24,59	28,95	128,80
Уайт-спирит		0,34	0,01	0,35
Пыль неорган. 20-70% SiO ₂	0,004	0,005	11,46	11,47
Всего:	512,06	206,57	305,10	1023,74

Таблица 17

**Количество выбрасываемых в атмосферу ЗВ при строительстве
межпромысловой автодороги и магистрального нефтепровода, т**

Вещество	А/дорога Кальчинское-ЦПС Урненское	Нефтепровод западного направления
Железа оксид	1,57	0,59
Марганец и его соединения	0,13	0,02
Диоксид азота	669,30	454,44
Сажа	89,96	72,98
Диоксид серы	135,68	92,12

Оксид углерода	711,94	482,17
Фтористый водород	0,11	0,09
Фториды	0,48	0,04
Ксилол	0,07	2,11
Бенз(а)пирен	0,00	0,00005
Формальдегид	1,15	0,49
Керосин	176,13	149,59
Уайт-спирит	0,05	2,09
Неорг. пыль (70-20% SiO ₂)	69,71	0,03
Всего:	1856,28	1256,76

Основными потенциальными источниками загрязнения окружающей природной среды при строительстве эксплуатационных скважин являются бурение и освоение. Прямое воздействие на воздух происходит в результате выбросов:

- дымовых труб котельных установок, выхлопных труб дизельных электростанций, дизельных приводов буровых установок, миникотлов;

- вредных веществ с отработанными газами из двигателей внутреннего сгорания механизмов, установок и спецтехники, участвующих в бурении, креплении и испытании объектов в эксплуатационной колонне;

- пыли при приготовлении и обработке бурового и тампонажного растворов (глинопорошок, химреагенты, цемент);

- вредных веществ с отработанными газами из двигателей внутреннего сгорания, механизмов при проведении рекультивации площадки строительства.

При строительстве разведочных и эксплуатационных скважин на большинстве месторождений используют двигатели внутреннего сгорания. Общая мощность дизельных установок при бурении скважины глубиной до 5000 м составляет около 2800 кВт. Выхлопные газы дизельных двигателей содержат около 6% O₂, 75% N₂, 10% CO₂, 9% паров H₂O. Эти вещества, составляющие более 99% общего количества отработанных газов, безвредны для людей. Вредные вещества составляют всего лишь около 0,3% от состава отработанных газов. Это преимущественно NO_x, CO, H_nC_m, SO₂ и только 0,005% —

твердые частицы, которые включают сильно полярные соединения, сульфаты, воду, продукты износа металла, растворимые сульфаты, углеводороды в виде твердых частиц, углеводороды, растворимые в метилхлориде. При нормальной работе дизелей в период проходки ствола и спускоподъемных операций за сутки выбрасывается (кг): NO_x — 1300, CO — 1140, SO_2 — 142, H_nC_m — 16, сажи — 16-18. Средняя концентрация оксида углерода на буровой в безветренные дни доходит до $150\text{--}200 \text{ мг/м}^3$ (Детков и др., 1994).

В период проведения строительных и буровых работ в атмосферу выбрасываются ЗВ 1-4-го классов опасности. Преобладают вещества 4-го класса, которые составляют более 50% от суммарного объема выбросов, в основном, это оксид углерода и керосин. Большую долю в суммарном объеме выбросов составляют вещества 2-го класса опасности (20-35%), среди которых наибольшее значение имеет диоксид азота. Вещества 3-го класса опасности в суммарном объеме выбросов составляют менее 20% и представлены, в основном, сажей. В целом, район проведения буровых работ характеризуется допустимым уровнем загрязнения атмосферы.

При строительстве магистральных нефтегазопроводов *основными источниками выделения ЗВ* являются: строительное оборудование и строительная техника, автомобильная техника, передвижные дизельные электростанции, сварочное оборудование, окраска. Источник организованных выбросов — выхлопные трубы дизельных электростанций. Остальные источники — неорганизованные, произвольно распределенные по строительным площадкам. *Основными загрязняющими веществами* являются: продукты сгорания дизельного топлива в двигателях электрогенераторов и дорожно-строительных машин, бензина в карбюраторных двигателях автотранспорта, сварочный аэрозоль, пыль при проведении земельных работ, вещества, выделяющиеся при использовании лакокрасочных материалов.

Эксплуатация нефтяных месторождений. При эксплуатации нефтепромысловых объектов *загрязнение атмосферы* предполагается в результате выделения легких фракций углеводородов от технологического оборудования (скважины, сепараторы, емкости, резервуары, насосы); продуктов сгорания попутного нефтяного газа (подогреватель, факелы высокого и низкого давления); продуктов сгорания топлива (автотранспорт). Источниками выбросов нефтяного газа являются также резервуары автоматизированных групповых

замерных установок «Спутник» (через свечу рассеивания), дренажные емкости, емкости промливневых стоков, блоки химреагентов. *Основные вредные вещества*, загрязняющие атмосферу в рабочем режиме эксплуатации оборудования, без учета факелов, — оксид углерода (50-75%) и растворенные в нефти газообразные углеводороды, представленные в основном предельными углеводородами (15-35%). Расчетные показатели выбросов загрязняющих веществ при эксплуатации некоторых месторождений даны в таблицах 18-19. Результаты анализа загрязнения атмосферного воздуха углеводородами на некоторых промобъектах при их эксплуатации представлены в таблице 20 (по материалам ИЭЦ ОАО «ЮНГ»).

Таблица 18

**Количество выбрасываемых в атмосферу ЗВ
при эксплуатации Нижне-Шапшинского месторождения**

Вещество	Кол-во, т/год	Вещество	Кол-во, т/год
Свинец и его соединения	0,00002	Ксилол	0,018
Азота оксиды	2,956	Толуол	0,035
Сероводород	0,006	Бензол	0,231
Ангидрид сернистый	0,001	Азота оксид	0,481
Изопропиловый спирт	0,005	Сажа	6,436
Углерода оксид	56,055	Амилены	0,004
Углеводороды предельные	37,869	Бензин (нефтяной)	0,006
Керосин	0,003	Всего:	104,25

Таблица 19

**Количество выбрасываемых в атмосферу ЗВ
при эксплуатации Восточно-Лазаревского месторождения**

Вещество	Кол-во, т/год
Метанол (спирт метиловый)	1,029000
Бензол	0,000007
Углерода оксид	55,675410
Толуол	0,000007
Углеводороды предельные	37,315970
Всего:	94,020390

**Загрязнение атмосферного воздуха углеводородами
на промплощадках НГДУ «Мамонтовнефть»**

Место пробоотбора	Концентрация, мг/м ³
<i>ЦППН</i>	
Факел у обваловки	30,48
УПН-8 печь ПТВ-7	129,45
Площадка резервуаров 5000	321,17
Площадка насосов ВПН	67,05
Площадка насосов ВНВ	32,82
Сепар. I ступ.-фланц. соедин.	26,27
Сепар. II ступ.-фланц. соедин.	51,72
<i>ДНС-II</i>	
Площадка сепараторов	25,71
Насосный блок	39,94
<i>ДНС-7</i>	
Технологическая площадка	23,76
Площадка сепараторов	46,38
Насосный блок	52,21
<i>ДНС-2</i>	
Площадка сепараторов	39,83
Насосный блок	41,23

И. С. Сивоконь и Е. Л. Шор (1997) провели анализ существующего уровня загрязнения атмосферы в районе нефтепромысловых объектов Ватинского месторождения и установили невысокое (от 0,01 до 0,6 ПДК_{м.р.}) содержание химических веществ в воздухе промышленной зоны месторождения (углеводороды, оксид углерода, диоксид азота, диоксид серы, сажа). Причем концентрации ЗВ в контрольных пунктах отбора различались не более чем на 50%. Это свидетельствует о *сравнительно равномерном* загрязнении атмосферы в районе нефтепромысловых объектов месторождения. Данный вывод подтверждается материалами дешифрования аэрокосмосъемок, согласно которым фоновое загрязнение атмосферы всего месторождения взвешенными веществами (с учетом естественного,

антропогенного, регионального, местного фона) одинаково и не превышает 2 ПДК м.р. Зоны с *повышенным содержанием* взвешенных частиц (от 2 до 10 ПДК м. р.) формируются вблизи промышленных центров района — г. Мегион, пос. Высокий. Очевидно, это объясняется влиянием ряда факторов: антропогенное, и в частности техногенное воздействие на окружающую среду, местное промышленное загрязнение, определенные зоны «разгрузки ЗВ» и т. д. В городе Мегионе (южная часть месторождения) расчетные значения фоновых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе составляют ($\text{мг}/\text{м}^3$): взвешенные вещества — 0,2, диоксид серы — 0,02, оксид углерода — 0,4; диоксид азота — 0,008 (Сивоконь, Шор, 1997).

Специфическим источником загрязнения атмосферы в период добычи является формирование газовых аномалий на участках поверхностных нефтяных загрязнений. Нефть, попадая в аэробную обстановку, оказывается в принципиально новых условиях — кислородосодержащей среде с активно протекающими биохимическими процессами. Результатом нефтезагрязнения является значительная интенсификация протекания различных физико-химических и биохимических процессов, с доминирующей ролью процессов окисления УВ. Это, в свою очередь, приводит к изменению состава рассеянных газов и появлению аномально высоких концентраций продуктов окисления нефтяных УВ (метан, этан и диоксид углерода). Наличие значимых концентраций тяжелых гомологов метана (бутаны, пентаны) фиксируется в основном только на раннем этапе загрязнения (несколько суток), а в последующем они снижаются до фоновых значений. По сведениям А. А. Борисова (<http://inep.ksc.ru/html/web-5/ippes/conf/STS-100-081006/conf/Section4/s4-bor.htm>), для «старых» очагов нефтезагрязнения, обусловленных поверхностными источниками, наиболее характерным газогеохимическим фоном является *аномально высокое* содержание метана в рассеянных почвогрунтовых газах. Состав рассеянных газов в почвогрунтах на месте ликвидированного шламового амбара:

Проба	Сорбированные газы, об.% $\times 10^{-3}$				Подпочвенный воздух, об.%		
	CH_4	$\text{ТУ}_{\text{пр}}$	$\text{ТУ}_{\text{непр}}$	CO_2	CH_4	УВГ	CO_2
Над амбаром	478,97	0,63	0,26	6,88	2,89	0,09	9,38
100 м от амбара	0,10	0,16	0,64	8,49	0,00	0,00	0,15

Факела. При добыче нефти извлекаются значительные объемы нефтяного попутного газа (НПГ). Одной из характеристик НПГ является газовый фактор, т.е. отношение полученного из месторождения через скважину количества газа (м^3), приведённого к атмосферному давлению и температуре 20°C , к количеству добытой за то же время нефти (т или м^3) при том же давлении и температуре. Газовый фактор месторождений ОАО «Юганскнефтегаз», по сведениям СибНИИН, представлен в таблице 21.

Таблица 21

Газовые факторы месторождений ОАО «Юганскнефтегаз»

Месторождение	Объем, $\text{м}^3/\text{т}$	Месторождение	Объем, $\text{м}^3/\text{т}$
Усть-Балыкское, БС1-5	43	Средне-Балыкское	48
Усть-Балыкское, БС10	51	Мало-Балыкское	30
Солкинское	39	Майское	39
Южно-Сургутское	47	Петелинское	36
Восточно-Сургутское	43	Угутское	59
Асомкинское	68	Западно-Угутское	74
Средне-Асомкинское	68	Киньяминское	77
Омбинское	74	Правдинское	75
Южно-Асомкинское	51	Северо-Салымское	60
Мамонтовское	43	Салымское (Баж. свита)	149
Тепловское	35	Лемпинское	34
Ефремовское	35	Приразломное	69
Кудринское	31	Восточно-Правдинское	38
Южно-Балыкское	34	Приобское	72

Газ, выделяющийся при продувках и разрядах скважин, выкидных линий и сосудов, работающих под давлением, должен утилизироваться. В ряде случаев невозможность утилизировать попутный газ непосредственно на нефтепромыслах является причиной его сжигания в факелах. В течение 2008 г. на территории ХМАО-Югры в факелах было сожжено почти 6378 млн м^3 попутного газа. Усредненный коэффициент его утилизации по округу составил 82,4% (Техногенное воздействие ..., 2009).

В работе В. А. Крюкова с соавторами (2008) показано, что в современных условиях в России значительно выросли объемы добычи НПГ и происходит снижение степени использования нефтяного попутного газа (табл. 22). Сведения по ХМАО-Югре — региону, на территории которого добывается основной объем НПГ, представлены в таблице 23.

Таблица 22

**Использование нефтяного попутного газа
в России в 2001-2007 гг., млрд м³
(по В. А. Крюкову и соавторам, 2008)**

Показатель	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Добыча НПГ	35,9	42,6	48,5	54,9	57,6	57,9	61,2
Сожжено на факелах	7,1	11,1	11,1	14,7	15,0	14,1	16,7
Поставки и переработка НПГ на ГПЗ	23,7	26,0	31,6	34,0	34,9	35,5	34,8
Использовано на собственные нужды	5,1	5,5	5,8	6,2	7,7	8,3	9,7
Уровень утилизации, %	80,1	73,8	77,2	73,3	74,0	75,6	72,6

Таблица 23

**Использование нефтяного попутного газа
в ХМАО-Югре за 2004-2006 гг., млн м³
(по НПГ ..., 2007)**

Направление	2004	2005	2006
Поставки на ГПЗ	13 609	14 674	17 394
Выработка электроэнергии	8 705	8 754	7 966
Собственные нужды	2 824	2 608	2 390
Отгружено сторонним организациям	538	758	776
Сожжено в факелах	6 358	6 354	6 188
Потери	527	583	529

На территории ЯНАО в 2004 г. было более 1 500 факелов (О состоянии ..., 2005). В ХМАО-Югре в 2007 г. действовало более 300 факелов с постоянным режимом работы. Только в ОАО «Сургутнефтегаз» попутный нефтяной газ сжигался на 100 факелах (О состоянии ..., 2007). При сжигании газа в факелах загрязнение воздушного бассейна происходит продуктами сгорания или самим газом. При повышенной влажности воздуха на Севере от соединения продуктов

сгорания природного газа (сернистого, углекислого) с парами воды образуются кислоты (серная, угольная), представляющие опасность для человека, животных, вызывающие коррозию металла, разъедающие другие материалы, а возможность самоочищения воздуха на севере Западной Сибири ниже, чем в других районах страны (Силин, Танталов, 1975). При сжигании 1 млрд м³ газа в атмосферу выбрасывается примерно 80 тыс. т вредных веществ. (Детков и др., 1994). Прекращение сжигания попутного нефтяного газа в факелах только по ОАО «Сургутгазпром» позволит сократить выбросы в атмосферу на 90 тыс. т в год (Бахмат, Гуляева, 2001).

Основными источниками атмосферного загрязнения на разрабатываемых месторождениях региона являются: нефтяные и газовые скважины, выкидные и нефтесборные сети, установки подготовки нефти с факелами сжигания газа. Наибольшее количество выбросов загрязняющих веществ приходится на долю факелов. Проведенный анализ показал, что на 1 т сгоревшего на факеле природного газа приходится в среднем 50-70 кг выбросов различных вредных веществ в зависимости от физико-химических свойств и состава газа (Реморов и др., 1996). Структура выбросов загрязняющих веществ от факелов при эксплуатации месторождения представлена в таблице 24. Основными ЗВ, поступающими в атмосферу, являются оксид углерода (более 80%) и сажа (более 10%).

Таблица 24

**Выбрасываемые в атмосферу ЗВ
от факелов высокого и низкого давления
Нижне-Шапшинского ЛУ**

Вещество	Выброс, т/год
Азота оксиды	13,293
Сажа	214,414
Углерода оксид	1786,785
Углеводороды предельные	394,969
Всего:	2409,461

По данным О. В. Соромотиной (Оценка влияния..., 1979), горящие факелы оказывают заметное воздействие на климат Среднего Приобья. Это мощный источник тепла, в связи с чем тепловое загрязнение воздушного бассейна становится одной из причин возник-

новения аномалий в метеорологическом режиме региона. Горящий факел способствует усилению конвективных токов, в результате над ним, на высоте 200-300 м, в два раза чаще образуются кучевые облака в 1-2 балла (даже в околополуденные часы, когда интенсивность этого источника тепла по сравнению с фоном наименьшая). Облачность, твердые и газовые примеси, поступающие в воздух при горении газа, снижают интенсивность солнечной радиации, особенно ультрафиолетовой. За счет увеличения облачности над факелами происходит снижение продолжительности солнечного сияния на 5% по сравнению с контрольной станцией. Горящие вокруг Нижневартовска факелы, находясь в условиях переувлажненной подстилающей поверхности, увеличивают поступление в атмосферу водяного пара из озер и болот. Микроклиматические исследования показали, что над горящими факелами число случаев выпадения осадков в виде дождя в 1,4 раза выше, чем на контроле. Над горящими факелами увеличивается также частота гроз, особенно во второй половине дня, в три раза увеличивается повторяемость туманов, усугубляющих вредное действие дымовых и газовых примесей.

Ю. М. Полищук с соавторами (2000, 2005) показали, что *наиболее существенный* фактор воздействия нефтедобычи на природную среду, проявляющийся на больших расстояниях от источников выбросов загрязняющих веществ — сжигание попутного газа в факелах. Опасность продуктов сжигания связана с кумулятивностью действия и «отложенностью» во времени биологических последствий, в частности, проявляющихся в усыхании лесов, которое может сказаться лишь через несколько лет, когда концентрация сажи и других токсических веществ достигнет критических значений. При сжигании газа в факелах в атмосферу в больших объемах выбрасываются сажа, окислы углерода и азота и углеводороды. Проведенный указанными исследователями анализ уровня и качественного состава аэрозольного загрязнения атмосферы на территории Тюменской области (в пределах ХМАО-Югры и юга) позволил выделить зону аномального загрязнения в районе Нижневартовска (рис. 14).

Преобладание углеводородов в аэрозолях говорит о том, что их возникновение обусловлено деятельностью нефтедобывающих предприятий, эксплуатирующих большое число близко расположенных нефтяных месторождений, в том числе одного из крупнейших в России — Самотлорского.

Анализ химического состава аэрозолей юго-западной части юга Тюменской области (Белан, Зуев, 1995) показал, что аномалии обусловлены выбросами предприятий металлообрабатывающей, электротехнической и металлургической промышленности Уральского региона (чего не отмечено для Среднего Приобья). То есть, основную долю в формирование загрязнения воздушного бассейна над территориями нефтепромыслов таежной зоны Западной Сибири вносит нефтегазодобывающая промышленность.

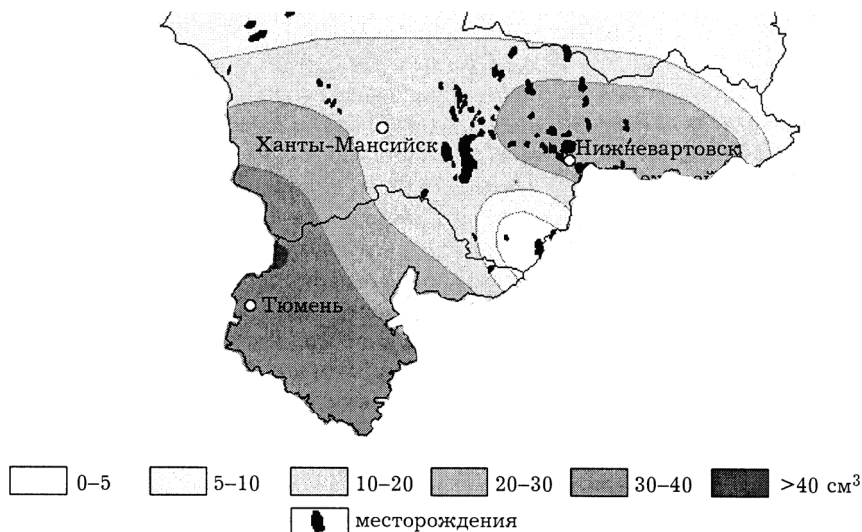


Рис. 14. Концентрация аэрозоля в Тюменской области
(по Ю. М. Полищуку и др., 2005)

По общепринятому мнению, главным источником выбросов углекислого газа в атмосферу, где его содержание за последнее столетие увеличилось примерно на 20%, являются предприятия теплоэнергетики и других отраслей промышленности, деятельность которых связана с использованием углеводородного сырья. Немалый вклад вносит отечественная нефтедобыча, ориентированная на дешевые технологии с факельным сжиганием попутного газа. Таким образом, основными загрязнителями атмосферы при нефтедобыче на промыслах выступают *стационарные источники загрязнений* (более 90%), среди которых определяющее воздействие оказывают факелы

по сжиганию попутного газа, увеличивающие общий объем загрязнений в 20 и более раз.

Ликвидация нефтяных месторождений. Атмосферный воздух в процессе ликвидации скважины загрязняется: продуктами сгорания топлива при работе технологического транспорта (ЦА-320, АЦН-10, СМН-20, ППУ); испарениями продуктов скважины с устья (пластовый флюид); при испарении, проливах ГСМ и химреагентов из емкостей или других мест хранения; при проведении сварочных работ; в аварийных ситуациях при возможных нефтегазопроявлениях и возгораниях продуктов выброса из скважины. Вещества, поступающие в атмосферу от указанных источников, относятся к 1-4-му классам опасности. Выбросы ЗВ в атмосферу при ликвидации одной скважины приведены в таблицах 25 и 26.

Таблица 25

**Усредненные выбросы ЗВ в атмосферу
при ликвидации скважины**

Вещество	Кол-во, т/скважину
Двуокись азота	0,2543
Углерода оксид	0,2427
Сажа	0,0446
Серы диоксид	0,1067
Углеводороды предельные	0,1021
Азота оксид	0,3380
Акролеин	0,0100
Всего:	1,0984

Таблица 26

**Выбросы ЗВ при ликвидации разведочных скважин
Березовского и Деминского месторождений**

Вещество	Кол-во, т/скважину
Оксид железа	0,0084
Окислы марганца	0,00054
Диоксид азота	0,60
Сажа	0,035
Диоксид серы	0,10

Сероводород	0,000076
Оксид углерода	0,41
Фтористый водород	0,00011
Бензол	0,00017
Толуол	0,00000093
Бенз(а)пирен	0,000000079
Формальдегид	0,0073
Углеводороды предельные	0,17
Взвешенные вещества	0,0009
Зола мазутная	0,0002
Пыль 70% > SiO ₂ > 20%	0,0024
Пыль < 20% SiO ₂	0,00029
Карбоксиметилцеллюлоза	0,000005
Кальцинированная сода	0,0000046
Кальция хлорид	0,00023
Всего:	1,335627

На основании проведенных расчетов рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы установлено, что максимальные выбросы приходятся на оксиды азота (45-55%), оксид углерода (20-35%), предельные углеводороды и диоксид серы (7-15%). С учетом массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ кустовая площадка при ликвидации и консервации скважины относится к 4-й категории опасности. Наиболее реальная угроза загрязнения атмосферного воздуха исходит от скважин с разрушенной устьевой арматурой, особенно если они при испытании дали нефть или газ. Ситуация усугубляется вероятностью возгорания выделяемых углеводородов. Именно такие скважины выявлялись в результате специальной инвентаризации «бесхозного» фонда и подвергались повторной ликвидации. *Интенсивность воздействия аварийных скважин* на атмосферу сопоставима с интенсивностью воздействия в процессе испытания или сжигания углеводородов на факеле. Содержание ЗВ (сажа, двуокись серы, окись углерода, двуокись и окись азота, марганец, ванадий, фториды и т. д.) может превысить ПДК_{м.р.} в радиусе 500 м от устья аварийной скважины.

Таким образом, из все проанализированных этапов освоения месторождения *наиболее значимое загрязнение атмосферного воздуха происходит на этапе эксплуатации*, особенно при сжигании неутилизованного попутного газа в факелах. Основными загрязняющими веществами на всех стадиях разработки месторождений являются оксиды углерода и азота, углеводороды.

§3. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Нефтедобыча *оказывает влияние на все компоненты гидросферы* таежных экосистем — поверхностные, грунтовые и подземные воды. Можно выделить две основные формы воздействия — *механическую и биохимическую*. Первая проявляется как физическая трансформация ландшафтов, определяющих расходную часть водного баланса территории: стока, испарения и фильтрации. Вторая — как химическое и биологическое загрязнение.

Разведочный этап характеризуется незначительным загрязнением водных объектов даже в 1950–1970-е гг., когда многие скважины бурились по берегам рек. Исключение составляют залповые аварийные выбросы нефти с устьев скважин, когда происходит загрязнение большой площади с попаданием нефти в поверхностные водоемы. Ликвидированные и находящиеся в консервации скважины могут быть потенциальными (а иногда становятся реальными) очагами загрязнения подземных, грунтовых и поверхностных вод в результате разрушения цементных мостов, заколонных межпластовых перетоков, подтекания устьев. Нерекультивированные шламовые амбары без гидроизоляции (в отличие от амбаров при строительстве добывающих скважин) также являются источником миграции загрязняющих веществ в грунтовые воды (табл. 27). Отмечено, что в большинстве шламовых амбаров содержание НП, мышьяка и бенз(а)пирена превышает нормативы ПДК и ПДУ, в некоторых из них отмечено превышение нормативов по меди, цинку, свинцу и никелю. Максимальное загрязнение обусловлено углеводородами.

Среди механических форм воздействия на поверхностные водные объекты **на этапе строительства объектов нефтедобычи** наиболее значимым является *зарегулирование поверхностного стока*

(начиная со строительства при прокладке автодорог) и вызванное этим понижение или повышение уровня грунтовых и поверхностных вод. В результате этого естественные водные объекты иногда перестают функционировать как исключительно природные образования, становясь природно-антропогенными. Наиболее характерные примеры — озера Самотлор, Кымыл-Эмтор и Белое, акватории которых разделены песчаными насыпями на отдельные сектора под технологические объекты добычи и автодороги (рис. 15).

Таблица 27

Содержание валовых форм тяжелых металлов, бенз[а]пирена и УВ (C₁₀-C₄₀) в донных отложениях шламовых амбаров разведочных скважин, мг/кг

Вещество	n	Среднее	Min	Max	S.D.	ПДК (ОДК)*
As	51	7,52	3,60	17,10	2,93	2,0
Ba	51	821,80	255,00	5090,00	1091,39	Не норм.
Be	51	0,49	0,20	0,90	0,17	Не норм.
Cd	51	0,22	0,05	1,85	0,28	2,0
Cu	51	33,24	12,80	101,00	17,63	55,0
Cr	51	80,19	18,80	135,00	24,57	Не норм.
Hg	51	0,05	0,01	0,40	0,06	2,1
Ni	51	39,09	13,50	103,00	17,77	85,0
Pb	51	25,45	10,80	215,00	29,33	32,0
Sr	51	161,48	87,10	908,00	118,33	Не норм.
V	51	89,43	18,40	165,00	36,54	150,0
Zn	51	112,26	33,70	528,00	77,10	220,0
Бенз[а]пирен	32	0,11	0,01	0,58	0,13	0,02
Σ ТРН C10-C40	51	59006,53	20,60	363600,00	87669,20	20,0**

Примечание: * — для почв по ГН 2.1.7.020-94,

** — региональный норматив ПДУ ХМАО-Югры в соответствии с постановлением правительства ХМАО-Югры от 10.11.2004 г., № 441-п.

На снимке (рис. 15) отчетливо просматривается разное спектральное окрашивание сегментов озер, что свидетельствует о неодинаковом режиме их функционирования. Е. Ф. Тамплон (1998) считает, что крупные озера, такие как Самотлор, давно перестали существо-

вать как единое водное пространство. Их акватории расчленены отсыпанными островами и дамбами, на которых размещены кустовые площадки и транспортные коммуникации. Все, что сливается с кустовых площадок или выливается из трубопроводов при аварийных разрывах, попадает в озера. В результате этого *большинство озер*, оказавшихся на территории месторождений, особенно те, которые разбиты насыпями на отдельные непроточные участки, *сильно загрязнены НП и механическими взвесями*. Животный мир таких озер либо полностью уничтожен, либо крайне обеднен.



Рис. 15. Техногенная сегментированность озер Кымыл-Эмтор (1), Самотлор (2) и Белое (3), Самотлорское месторождение (снимок 2005 г., Google Earth)

В период строительства трубопроводной системы происходит также нарушение русловой части и прибрежных участков водохранилищных зон и защитных береговых линий. Исследования В. А. Ефимова (2000) по оценке состояния рек и ручьев, пересекаемых трассами трубопроводов, выявили следующие *виды воздействия* на русла и поймы рек:

- чрезмерное захламление русел остатками строительных материалов (трубами, пригрузами и др.);
- захламление древесными остатками, заносимость, заиливание и зарастание русел;
- разрушение берегов и последующий размыв траншей и прибрежной полосы;
- перекрытие (полное или частичное) русел рек трубами газопровода;
- перекрытие русел рек временными притрассовыми дорогами;
- захламенность пойм остатками строительных материалов и древесными остатками;
- изрытость пойм;
- нарушение задернованности прибрежной полосы и поверхности пойм;
- перекрытие пойм трубами в обваловке и без нее на высоту 0,5-2,0 м.

Указанные воздействия, вызванные серьезными нарушениями при строительстве трубопроводов, отступлениями от проектов и частично недостатками самого проекта, приводят к стеснению руслового потока, нарушению водного режима, повышению мутности воды, снижению рыбохозяйственного значения рек (Ефимов, 2000).

Наиболее существенным фактором техногенеза водных объектов при освоении нефтяных месторождений является *химическое загрязнение*. По мнению А. М. Никанорова с соавторами (2002), для нефтедобывающей промышленности основными загрязняющими веществами гидросферы являются НП и минеральные макрокомпоненты (сульфаты, хлориды, магний и др.), которые в больших количествах содержатся в попутно извлекаемых высокоминерализованных пластовых водах.

Наибольшую опасность представляет химическое загрязнение водных объектов, особенно крупных рек области, **на этапе добычи нефти**. Согласно С. А. Мирошниченко (2006), *основными причина-*

ми загрязнения поверхностных и подземных вод в районе разработки нефтяных месторождений, как правило, являются:

- нарушение герметичности в устьевой арматуре скважин;
- освоение скважин и их капитальный ремонт без учета требований регламента на проведение этих видов работ;
- несоблюдение правил хранения нефти и горюче-смазочных материалов в резервуарах;
- аварии, связанные с природными и техногенными причинами.

По мнению В. И. Уваровой (2000), попадание нефти и НП в Обь и другие крупные реки происходит из трех источников: 1) эпизодические, разливы в результате аварий на водных переходах трубопроводов и с нефтеналивных судов; 2) сброс нефтесодержащих сточных вод промышленными предприятиями, смыв НП с производственных площадок и улиц городов региона; 3) поверхностный и подземный сток с территорий нефтепромыслов. К указанным источникам необходимо добавить еще и *судоходство*.

Бассейн реки Обь объединяет большую часть территории Тюменской области в ландшафтно-геохимическую систему. Возможность выноса загрязняющих веществ из очагов формирования через водосборные площади малых рек в русло Оби и дальнейшая их миграция определяют *переход регионального уровня воздействия нефтедобычи на глобальный*. Основным загрязняющим веществом является нефть. Разрабатывая прогнозную модель загрязнения нефтью Западно-Сибирской ландшафтно-геохимической области, Ю. И. Пиковский (1993) предполагал, что из общего объема нефти, которая может поступить в бассейн Оби, в неподвижном резерве почв останется 36%, в донных отложениях речной сети бассейнов 2-го порядка — 8%, в донных отложениях Оби — 24%, в море будет вынесено около 5%.

Официальные данные по Ямало-Ненецкому автономному округу свидетельствуют, что содержание НП в водах крупных рек в несколько раз превышает ПДК. Гидрохимические анализы состояния воды в реке Обь показывают, что загрязнение нефтепродуктами начинается еще в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре. На границе с Югрой, в районе Казым-Мыса, содержание нефтепродуктов в 2004 г. достигало значений 1,24 мг/дм³. Несмотря на процессы самоочищения, концентрация НП в обских водах значительно превышала ПДК вплоть до впадения реки в Обскую губу в районе

г. Салехарда (0,74-0,77 мг/дм³). Причем содержание НП в Тазовской губе выше, чем в Обской за счет рек, протекающих по Пуровскому нефтегазодобывающему району. На отдельных участках Обской губы содержание НП в воде превышает ПДК в сотни раз. В целом по ЯНАО уровень загрязненности поверхностных вод нефтепродуктами в 2004 г. превышал ПДК в 30-50 раз (О состоянии..., 2005; <http://www.klevyi.ru/library/New-man/ecologia.htm>).

Результаты углеводородного мониторинга донных отложений Печорской губы до и после Усинского нефтяного разлива подтверждают возможность загрязнения акватории и донных отложений шельфа арктических морей. И. В. Литвиненко с соавторами (2006), изучая структуру ПАУ, установили, что в составе донных отложений, отобранных после Усинского нефтяного разлива, доля компонентов техногенного происхождения увеличивается. При этом суммарное содержание ПАУ в восточном направлении резко убывает. Самое высокое содержание ПАУ наблюдается вблизи эстуария Печоры. Авторы отмечают, что одним из основных источников техногенного воздействия на акваторию Печорской губы являются многочисленные нефтяные месторождения, активно разрабатываемые на прилегающей части суши.

И. А. Немировская сообщает, что в глобальном масштабе главные антропогенные потоки нефтяных углеводородов в морскую среду складываются за счет *береговых источников*: из 2350 тыс. т, поступающих в Мировой океан нефтяных углеводородов в год, 60% поступает с суши (транспортировка и переработка нефти), а также с промышленными, бытовыми и речными стоками (Немировская, 2004). Имеются свидетельства того, что большая часть выносимых речным стоком нефтяных углеводородов оседает на геохимическом барьере река — залив. Исследования трансформации техногенных ПАУ в Северной Двине, выполненные сотрудниками Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, показали, что в наибольшей степени влияние загрязняющих веществ проявляется в протоках Северной Двины. Это предполагает преобладание фактора осаждения УВ над их трансформацией при небольших глубинах. Геохимический барьер реки Северная Двина — Двинский залив является фильтром, который препятствует проникновению нефтяных и пирогенных УВ в Белое море. Подобное распределение антропогенных и природных УВ установлено в устьях рек Даугавы, Волги, в Днестровско-

Цареградском, Очаковском гирлах, Днепро-Бугском лимане Черного моря, в эстуариях Оби и Енисея, т. е. это общее явление для эстуарных областей рек вне зависимости от климатических зон (Немировская и др., 2006).

По оценке Роскомгидромета и ММБИ КНЦ РАН, общий сток органических соединений в арктические моря составляет 28 564 000 т, а сток углеводов — 779 000 т (Матишов и др., 1997). Наибольшую долю в загрязнение морей Российской Арктики, помимо нефтедобывающего комплекса, вносят речной сток и перенос морскими течениями. Загрязнение рек Сибири, начиная с 1970-х гг., возросло на 50%, что немедленно сказалось на уровне загрязнения арктических морей России (Российская Арктика..., 1996).

Проведенные в 2000 г. исследования состояния морских вод по трассе Севморпути (Баренцево, Печорское, Карское, Восточно-Сибирское и море Лаптевых) показали, что концентрации алифатических углеводов в поверхностных водах изменялись в интервале 0–33 мкг/л и составляли в среднем 17 мкг/л. Полученные данные сопоставимы с величинами, установленными в шельфовых морских акваториях (Немировская, 2004). Поступление нефтяных углеводов в результате сброса льяльных вод и при аварийных разливах во время эксплуатации судов по трассе Севморпути оценивается в 50–200 т за навигацию (Лебедева, 2001). По сведениям участников проекта НПД-Арктика в конце морской навигации содержание нефтяных углеводов в пленочных образованиях прибрежной зоны составляет для Карского моря от 120 до 130 т (<http://www.npa-arctic.ru>). Такие незначительные количества не влияют на общий фон углеводородного загрязнения, так как несопоставимы с масштабами воздействия речного стока и поступлениями из атмосферы. Сайт проекта НПД-Арктика сообщает также, что вода в нижнем течении рек Оби, Пура и Надыма по величине ИЗВ характеризуется как *чрезвычайно грязная*, а Таз — как *значительно загрязненная*, т. е. в первых трех реках ПДК загрязняющих веществ превышены в 30–50 раз, а для Таза — в 7–10 раз. В водах Карского моря содержание нефтяных углеводов в среднем составляет 26,4 мкг/л. В донных отложениях Обской губы содержание нефтяных углеводов в 3,2 раза превышает допустимые концентрации (по нормам Евросоюза). Максимальные значения нефтяных углеводов, превышающие допустимые концентрации, обнаружены в донных отло-

жениях Пура. Уровень накопления в донных отложениях Карского моря составляет 7,4 мкг/л (<http://www.npa-arctic.ru>).

Огромный объем речного стока северных рек (около 2 500 км³/год) позволяет рассматривать его в качестве основного поставщика углеводородов (в составе терригенного органического вещества) в эстуарно-шельфовые районы морей Северного Ледовитого океана. Максимальные концентрации алифатических углеводородов (22-33 мкг/л) выявлены в эстуарно-шельфовых районах рек Оби и Енисея, а также в Печорском море (Немировская, 2004). Изучение *n*-алканов и органического вещества в эстуариях Оби и Енисея показало, что воздействие речных вод ощущается на 100 км от берега, хотя в устьевых районах осаждается около 70% выносимой органики (Fernandes, Sicre, 2000, цит. по Немировской, 2004).

Максимальные концентрации загрязняющих веществ в реке Обь по нефтепродуктам в 2005 г. составили 2,4-49,6 ПДК. В 2005 г. на участке от п. Октябрьский до г. Салехард качество воды характеризовалось как «грязная» (класс 4-й «б») и «очень грязная» (класс 4-й «г» и «в»). Величина удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) составила 4,58-6,25 в 2004 г., 4,78-5,66 в 2005 г. Основными загрязняющими веществами были соединения железа, меди, цинка, марганца, НП. Только в створе г. Салехард качество воды ухудшилось от «грязной» до «недопустимо грязной» в 2005 г. (О состоянии..., 2006). Еще в 1984 г. Л. В. Михайлова (1987) писала о том, что усиливающееся техногенное загрязнение рек Тюменской области, впадающих в моря Северного Ледовитого океана (Обь, Пур, Таз), в условиях низкой самоочищающей способности обуславливает опасность резкого перехода водных (речных и морских) экосистем из состояния загрязнения в *состояние экологической катастрофы*.

Нефть представляет собой сложную смесь, состоящую из алифатических и нафтеновых углеводородов, ароматических соединений, асфальто-смолистых веществ, поведение которых в водной среде различно. Масштабы распространения и эволюция характера нефтяного загрязнения в водном объекте зависят от состава нефти, скорости течения воды, силы ветра, температуры, солнечной радиации и т. п. Нефть, попадая в воду, претерпевает физико-химические и биологические изменения: она расплывается по водной поверхности, испаряется, растворяется, эмульгирует («нефть в воде» и «вода в нефти»), оседает на дно водоема и налипает на берега.

При химико-аналитическом контроле нефтяного загрязнения природных сред используется понятие «нефтепродукты», под которым понимается смесь неполярных и малополярных углеводородов, растворимых в гексане и не сорбирующихся оксидом алюминия (Сборник методик ..., 1987). Под это определение не попадают тяжелые смолы и асфальтены, являющиеся постоянными компонентами нефтей и битумов, а также ряд веществ, образующихся в результате микробиологических и физико-химических процессов из исходной нефти при ее длительном нахождении в почвах (Другов, Родин, 2007). К сожалению, стандартные методики анализа нефтяного загрязнения направлены на определение именно нефтепродуктов, что искажает реальные уровни загрязнения на старых нефтяных разливах.

При авариях на подводных трубопроводах нефть может вытекать из трубы в виде капель или струи, в результате чего на поверхности воды образуются мелкие или обширные нефтяные пятна, на перемещение которых существенное влияние оказывают водное течение и ветер. Характер изменения свойств нефти после разлива на воде определяется ее химическим составом. Водорастворимые продукты способствуют эмульгированию нефти, стабилизации эмульсий из смолисто-асфальтеновых частиц и сульфокислот. Тяжелые фракции нефти, как правило, быстро оседают на дно, более легкие сорбируются на твердых частицах и, в конце концов, тоже оседают, накапливаясь в донных отложениях и становясь источником вторичного загрязнения вод. Например, нефти со значениями плотности от 0,816 до 0,839 г/см³, температурой застывания от +1 до -17,5 °С, средним количеством светлых фракций до 65 объемных процентов претерпевают следующие преобразования: летучие компоненты в реке сначала активно испаряются, затем эти процессы замедляются и требуется 12-15 ч, чтобы улетучилось 25%. При температуре воды выше 15 °С почти все легкие нефтяные УВ испаряются за 10 дней (Хаустов, Редина, 2006).

В естественных условиях не полное испарение нефти с поверхности происходит вследствие ее частичного растворения в воде, захвата твердыми частицами, осаждения на дне и по берегам водоемов и наличия в нефти нелетучих компонентов. Нефть способна накапливаться в донных осадках, а затем, по прошествии иногда весьма длительного времени, вновь всплывать и растворяться в воде. А. П. Хаустов и М. М. Ре-

дина (2006) считают, что за время миграции нефти объемы выпадения нефтяных глобул на дно водоемов достигают в среднем в 30%.

Опасность нефтяного осадконакопления состоит в том, что этот процесс является *причиной вторичного загрязнения* воды нефтепродуктами. По наблюдениям С. М. Драчева (1964), поступление нефти с 1 м² дна в водную толщу реки составило летом 6–7 г, а зимой — 1–1,7 г. Скорости разложения НП в донных осадках чрезвычайно малы ввиду отсутствия ультрафиолетового облучения и часто — анаэробных условий. Во многих случаях нефть в донных осадках не только накапливается, но и постоянно вымывается и выносится в низовья рек.

В период половодья, особенно в многоводные годы, значительная часть НП, накопившихся в донных отложениях малых рек в пределах месторождений, выносится в Обь. В этот же период с загрязненных территорий промыслов вместе с талыми и грунтовыми водами в речную систему вновь поступает значительное количество нефти. Основной зоной ее аккумуляции в донных отложениях являются обширные участки рек и их пойменных водоемов, располагающиеся на расстоянии в несколько сотен километров ниже источников загрязнения. Менее значительный объем НП поступает в период пониженных расходов воды, а их тяжелые фракции оседают на дне водотоков вблизи источников загрязнения на расстоянии до 100 км (Попков и др., 1999). По данным В. И. Уваровой (2000), донные отложения реки Обь на протяжении от г. Нижневартовска до п. Казым-Мыс, расположенного далеко за пределами месторождений, загрязнены НП: правый берег — в количестве 0,46–12,3 мг на 100 г грунта, а левый — 0,42–10,1 мг на 100 г грунта.

Нефть в водной среде подвергается естественному разложению. Средняя скорость очищения нефти водной поверхности от за счет испарения составляет $2,0\text{--}1,5 \cdot 10^3$ л/км² в сутки. Принимая такие величины скорости очищения поверхности от НП, можно предположить, что в умеренной зоне в летний период водоем, сильно загрязненный нефтью, должен очиститься в течение 1–2 мес. (Батоян, 1981). Ф. Лудзак с соавторами (F. I. Ludzack et al., 1957) сообщают, что в пресных водоемах естественное разложение нефтяных пленок на поверхности составляет от 50 до 80% за неделю. Анализ испаряемости нефти из пленок на водной поверхности, выполненный А. Б. Мамае-

вым с соавторами (1991), показал, что нефти Западной Сибири сильно различаются по способности к испарению. Условно *все нефти делятся три группы*: легко-, средне- и слаболетучие. Типичными примерами каждой группы являются нефти Каменного, Мамонтовского и Айяунского месторождений. Различия в испарении этих нефтей весьма существенны: за первые 5 суток пленки с начальной толщиной 1 мм, образованные каменнонской нефтью, теряют -50%, мамонтовской — 20-30, а айяунской — <5% массы.

Изучение закономерностей распределения нефтепродуктов в толще воды при аварии на нефтепроводе в зимний период показало (Сафаров и др., 2005), что максимальное суммарное содержание растворенных НП, алканов и аренов в поверхностном слое воды наблюдалось на расстоянии 20 км от места аварии, а в глубинных слоях (2,2 м) — на расстоянии 8 км. Было установлено, что в 20-100 км ниже места аварии так же, как и на фоновом участке, частота встречаемости концентраций, соответствующих 1-2 ПДК, составляла 70-80%, 2-3 ПДК — 20-30%. Сопоставимость концентраций НП в воде реки ниже места аварии с фоновыми свидетельствует о практическом отсутствии загрязнения воды растворенными формами НП вследствие их плохой растворимости в воде при низких температурах. Однако несмотря на благоприятное влияние климатических факторов, обусловивших низкие концентрации растворенных НП и локализацию основной массы нефти в районе аварии, масштаб воздействия ее аварийного поступления в реку оказался значительным. В процессы миграции была вовлечена пленочная нефть, а также нефтяные частицы, образовавшиеся как в результате отрыва от нефти, зажатой между льдом и поверхностью воды, так и за счет их сорбции на взвешенных веществах (частицах грунта, отмершей растительности, микроорганизмах и других твердых включениях), присутствующих в толще воды. Кроме того, установлено, что в 100 км ниже аварии содержание нерастворенных НП в воде практически всегда соответствовало фоновому уровню, а в 20 и 40 км ниже места аварии оно в сотни раз превышало фоновое. Дальнейшие исследования реки в этих створах показали значительное снижение массы адсорбированных и нерастворенных частиц НП в потоке воды, но и в конце периода наблюдений загрязнение оставалось больше фонового в среднем в 8-10 раз.

Таким образом, результаты контроля воды в реке на разных глубинах позволили установить факт распространения с речным потоком большой массы нефти в виде нерастворенных форм НП (отдельных частиц деградированной нефти, или нефтяных частиц, адсорбированных на взвешенных веществах, содержащихся в толще воды). Загрязнение поверхностных (0,5 м) и глубинных (2,2 м) слоев воды нерастворенными нефтепродуктами, выраженное в массе вещества, прошедшего через сечение реки за единицу времени, на участке, удаленном от места аварии на 20 км, составляло от 0,2 до 3,5 кг/час. Максимальный уровень загрязнения — 0,9-3,5 кг/ч отмечался в первые 10 дней с постепенным убыванием в последующие дни. Установлено также, что загрязнение поверхности воды пленочными НП распространилось на участке реки протяженностью до 100 км. На участке до 8 км местами периодически появлялась сплошная пленка темного цвета с массой нефти от 9 до 22 г/м², что соответствовало ее толщине от 0,008 до 0,02 мм; на остальных участках реки в течение всего периода визуального наблюдения присутствовала пленка толщиной <0,0001 мм. Значит, при порывах нефтепроводов в местах водных переходов основными формами миграции нефтяного загрязнения являются *нерастворенные НП* — пленочные и адсорбированные на взвешенных веществах, в том числе на частицах сорбента, применявшегося для сбора пленки нефти между бонами, что свидетельствует о проблематичности использования сорбентов, в частности «Полисорба», для сбора нефти с поверхности воды при низких температурах (Сафаров и др., 2005).

Оценка средних фоновых концентраций НП в почвах и поверхностных водах (кроме реки Обь) нефтяных месторождений Нижневартовского района показала, что степень загрязнения зависит *от срока эксплуатации месторождений*: количество углеводородов в воде на неразрабатываемых участках и месторождениях, находящихся в начальной стадии освоения, достоверно ($P < 0,05$) в 1,7 раза меньше, чем на месторождениях, осваиваемых в течение 5-20 лет, и в 4,5 раза меньше, чем на месторождениях со сроком эксплуатации более 20 лет (Шор, Хуршудов, 2000). Об интенсивном выносе НП с территорий месторождений в Обь свидетельствуют наши исследования загрязненности водных объектов в пределах нескольких месторождений (табл. 28).

Таблица 28

Среднегодовое содержание нефтепродуктов в речных водах

Месторождение	n	Среднее	Min	Max	S.D.
Талинское	28	2,23	0,52	5,57	1,11
Майское	14	0,23	0,06	0,36	0,10
Песчаное	7	0,15	0,06	0,31	0,09
Мамонтовское	153	0,12	0,04	0,28	0,06
Правдинское	232	0,12	0,02	0,30	0,06

Примечание: ПДК — 0,05 мг/л

Изучение состава нефтяного загрязнения рек в пределах месторождений ОАО «Юганскнефтегаз» показало, что отношение суммы ароматических углеводородов (АУВ) к асфальтено-смолистой фракции (АСФ), характеризующее степень биохимической трансформации нефтяного загрязнения, для большинства водотоков больше 1 (табл. 29). Это доказывает факт *постоянного* (хронического) загрязнения рек. Доля ПАУ по отношению к сумме АУВ изменяется в интервале от $1,2 \times 10^{-3}$ до $9,5 \times 10^{-3}$, что свидетельствует о *высоком содержании* в обследованных объектах токсичных и канцерогенных полициклических углеводородов.

Таблица 29

**Характеристика нефтяного загрязнения
в речных водах месторождений ОАО «Юганскнефтегаз»**

Объект исследования	ПАУ/Σ АУВ	Σ АУВ/АСФ
Протока Чеускинская	не определялось	5,5
Река Большой Балык, переправа	$9,2 \cdot 10^{-3}$	3,3
Река Большой Балык, район К-121	$9,5 \cdot 10^{-3}$	7,6
Река Пучип-Игый	$8,0 \cdot 10^{-3}$	3,3
Ручей безымянный, К-105	не определялось	4,9
Река Макхот-Еган,	$9,3 \cdot 10^{-3}$	0,6
Ручей безымянный, район К-67	$1,4 \cdot 10^{-3}$	34,3
Ручей безымянный, район ДНС-2	$1,2 \cdot 10^{-3}$	20,9
Ручей безымянный, район К-3	не определялось	2,9

Наиболее интенсивный смыв НП с территорий водосборов в реки происходит в период весеннего половодья, когда сток формируется на всех геоморфологических уровнях: краевых водоразделах, склонах, террасах, пойменных поверхностях. Летом, во время длительных и интенсивных дождей, сток может формироваться, как правило, только на переувлажненных поверхностях: болотах, дне долин, балок, оврагов, в поймах. Такое поступление воды в речную сеть оказывает влияние *на характер и интенсивность* смыва нефти с поверхности водосбора. С одной стороны, повышенный склоновый сток способствует увеличению смыва НП. С другой — увеличение водности вызывает снижение концентрации нефтяных углеводородов в речной воде. Таким образом, происходят два противоположных процесса, ведущих как к повышению концентрации нефти в речной воде, так и к ее понижению. Данные полевых наблюдений на контрольных водосборах показывают, что процесс разбавления не перекрывает процесс увеличения концентрации за счет смыва. *Наибольшая концентрация* НП в водах изученных створов на малых реках бывает в периоды повышенного стока: весеннего половодья и летне-осенних дождей. Так, средняя концентрация НП в июле 1997 г. по всем изучаемым створам составляла 0,21 мг/л при среднем модуле стока 0,4 л/с км². Весной 1997 г. при модуле стока 74,1 л/с км² концентрация возросла до 0,44 мг/л. Аналогичное соотношение отмечается, если сравнивать данные июля 1996 г. и июля 1997 г. (Калинин, Соромотин, 1999).

Вынос НП малыми реками к устью и далее подтверждается исследованиями В. К. Попкова с соавторами (1999), которые показали, что в бассейнах рек Катыльги и Махни (притоки Васюгана) наблюдается усиление токсического загрязнения от верхних участков к устью. В период высоких весенних паводков из устьевых участков этих рек происходит вынос загрязненных донных отложений в Васюган и далее в Обь.

По масштабности нефтяное загрязнение рек может в *десятки раз превосходить* площадь нефтяных разливов на территории промыслов. Наши расчеты показали, что площадь нефтезагрязненных донных отложений рек и озер только в пределах Саяно-Алтайского месторождения превышает площадь нефтяного загрязнения почв в 2 раза. По наблюдениям В. К. Попкова с соавторами (1999), в пойменно-речной системе Васюгана нефтяными углеводородами загрязнено несколько тысяч гектаров донных отложений. Отрицательные экологические последствия загрязнения выявлены на участках речной системы протяженностью не менее 500 км и в пойменных

озерах. В бассейнах притоков среднего течения реки Васюган, где расположены наиболее старые месторождения, содержание НП в донных отложениях составляло в 2000 г. в среднем 300 мг/кг (Воробьев, Попков, 2005).

Результаты анализов поверхностных вод ХМАО-Югры, проведенных в 2007 г., показали, что абсолютное большинство проб содержат НП в количествах, не превышающих ПДК (0,05 мг/дм³). Учитывая и природные причины поступления нефтяных углеводородов, можно утверждать, что этот факт является свидетельством относительно небольшого нефтяного загрязнения в округе в период исследований. В течение половодья не было зафиксировано ни одной пробы с превышением ПДК. Выявленные случаи превышения ПДК территориально удалены от участков нефтедобычи (О состоянии ..., 2007). Эти сведения весьма примечательны, если учитывать, что в том же году (2007) отмечался максимум числа аварий за последние 17 лет, а масса загрязняющих веществ, попавших в окружающую среду в результате этих аварий, превысила среднемноголетний уровень. Следует полностью согласиться с мнением А. Г. Бабушкина, Д. В. Московченко и С. В. Пикунова (2007) о том, что традиционные методы анализа общего содержания нефтепродуктов в объектах окружающей среды не вполне адекватно отражают экологическую ситуацию. Результаты статистической обработки огромного количества данных позволили этим авторам утверждать, что концентрации нефтепродуктов в поверхностных водах, превышающие ПДК в 9 и более раз, обусловлены авариями на нефтепроводах (Бабушкин и др., 2007).

Таким образом, основное негативное воздействие водные объекты региона испытывают при нарушении поверхностного стока на этапе строительства и, что наиболее существенно, — химическое загрязнение нефтью и нефтепродуктами на этапе добычи.

§ 4. ДЕГРАДАЦИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Судить о масштабах воздействия на почвенный покров при нефтедобыче можно по сведениям о предоставлении земель лесного фонда для нужд, не связанных с ведением лесного хозяйства.

Согласно данным государственного учета лесного фонда, на 1 января 2006 г. его общая площадь составляла 48 926,6 тыс. га. В 2005 г. для нужд промышленности (в первую очередь — для нефтедобычи) было предоставлено 37 549,8 га, или 0,08% земель лесного фонда. По состоянию на 1 января 2007 г. на территории ХМАО-Югры имелось 447 месторождений углеводородного сырья, в том числе 389 нефтяных. Занимаемая ими территория составляет 84 049 тыс. км², или 15,7% площади ХМАО-Югры (http://www.admhmao.ru/obsved/frame__3.htm). Ежегодно в округе для нужд нефтегазодобычи изымается и предоставляется в аренду в среднем свыше 15 тыс. га земель, вырубается более 1,2 млн м³ леса (Долингер, 2010).

Анализ распределения площади месторождений по основным ландшафтным категориям показал, что наибольшему освоению подверглись интразональные пойменные ландшафты (табл. 30). Этот факт важен для оценки возможности появления и масштабности очагов трансграничных переносов загрязняющих веществ, особенно нефти, с поверхностным стоком. Как уже отмечалось, нефтяное загрязнение пойменных территорий быстро вымывается паводковыми водами в русло реки. Косвенно это подтверждается данными А. В. Огородникова и В. С. Хромых (1992) о том, что нефтяное загрязнение пойменных геосистем Средней Оби в основном имеет слабую и среднюю степень.

Таблица 30

**Площади месторождений ХМАО-Югры
по наиболее характерным типам ландшафтов**

Типы ландшафтов	Площадь по ХМАО-Югре*, км ² (%)	Месторождения, км ² (% от площади типа ландшафта)
Лесные	340 664,77 (67%)	44 745,97 (13%)
Болотные	133 496,13 (26%)	28 235,97 (21%)
Пойменные (Обь, Иртыш)	32 060,17 (6%)	10 104,33 (32%)
Прочие (озера)	5 748,87 (1%)	962,51 (17%)

Примечание: * — без учета горных районов.

Основные исследования техногенной нагрузки на почвенный покров таежных лесов Западной Сибири и его трансформации касаются воздействия химических загрязнителей и формируемых ими техногенных потоков. Это закономерно, так как любой из этапов

освоения нефтяных месторождений сопровождается загрязнением природной среды. Наличие в добываемом сырье, в технологических и сопутствующих выбросах, в отводимых водах, в образующихся твердых отходах большого количества разнообразных органических и неорганических поллютантов *существенно меняет химический состав почв* (Булатов и др., 1997; Григорьев и др., 1991, Косаревиц и др., 1992; Пиковский, 1993; Солнцева, 1998; Дожорукова, 2004). Геохимическое воздействие нефтяной промышленности на окружающую среду не сводится только к поступлению загрязнителей. Нарушение почвенного покрова (удаление органогенного горизонта, отсыпка техногенными грунтами) приводит к изменению сложившейся геохимической структуры ландшафтов, химического состава почв, потере гумуса, ухудшению водно-физических и ионно-обменных свойств, биологической активности, засолению, подщелачиванию почв (Журавлев и др., 1999).

Разведочный этап. По данным Югра-Информ (<http://www.vsluh.ru/news/economics/78686.html>), в 2006 г. в ХМАО-Югра 17 геолого-геофизических компаний и фирм вели работы в пределах лесного фонда на территории 14 718,3 га (т. е. почти на 40% земель, отведенных в 2005 г. под нефтегазодобычу и другие виды использования). Специализированными предприятиями проводилась геологоразведка и сейсморазведка, а также сопутствующие им работы (разработка карьеров торфа и песка, строительство дорог к разведочным скважинам и т. д.). При проведении сейсморазведочных работ почвенный покров подвергается механическому нарушению и химическому загрязнению. Виды, источники и последствия техногенной трансформации почвенного покрова при сейсморазведке показаны в таблице 31.

Механическое повреждение почвенного покрова происходит при передвижении тяжелой гусеничной техники и взрывных работах. Использование автотракторной техники, как правило, не приводит к видимой деградации почвы ввиду того, что основные работы проводятся в зимнее время по устойчивому снежному покрову. По сведениям В. Г. Самсоненко (2004), применяемые при сейсморазведке технологии разрубки трасс и последующие геофизические работы в большинстве случаев существенного влияния на живой напочвенный покров и поверхность почвы не оказывают. Минерализация (на болотах — обнажение торфа) не превышает, как правило, 1%. Ни

рубка леса, ни последующие основные сейсморазведочные работы не сопровождаются колееобразованием на сейсмопрофилях. Это подтверждается исследованиями Тюменской лесной опытной станции ВНИИЛМ (Чижов, 1998). При производстве буровзрывных работ нарушение почвенно-растительного покрова происходит на площади менее 1 м. Вынесенная из скважины во время взрыва порода равномерно рассеивается в околоскважинном пространстве и не изменяет естественный микрорельеф. По физико-химическому составу приповерхностные породы сильно не отличаются, т. е. незначительное присутствие выброшенных из скважины пород не изменяет или не снижает плодородие лесных земель (глубина закладки взрывов составляет не более 20 м в пределах верхнего генетически однородного слоя четвертичных отложений).

Таблица 31

Виды, источники и последствия техногенного воздействия на почвенный покров при сейсморазведке

Источники воздействия и виды работ	Вид воздействия		Экологические последствия
	механическое нарушение	химическое загрязнение	
Передвижение техники	Незначительное	Незначительное	Практически отсутствуют
Взрывные работы	Незначительное	Незначительное	Практически отсутствуют
Базовый лагерь	Незначительное	Значительное при: • размещении и захоронении производственных и бытовых отходов; • утечке ГСМ во время работы электрогенератора (ДЭС), заправке техники топливом, в местах стоянки техники; • сбросе хозяйственных сточных вод	Загрязнение почвенного покрова и грунтовых вод нефтепродуктами, тяжелыми металлами, биологическое загрязнение.

Почвенный покров нарушается при строительстве буровой вышки и привышечных сооружений в результате расчистки и планировки площадок, копки траншей для циркуляционных систем и земляных амбаров. Под строительство скважины во временное пользование отводится земельный участок, на котором производятся вырубка

леса и обустройство различных технологических объектов. Однако в процессе работ фактические размеры нарушенной территории, как правило, гораздо больше отведенных площадей. Результаты наших измерений площадей 52 участков разведочных скважин с помощью GPS навигатора в Нефтеюганском районе ХМАО-Югры показали, что территория буровых работ без учета подъездного пути составляет в среднем 3,5 га на 1 участок (Соромотин, 2006 а). Это даже меньше расчетных нормативов для бурового станка с глубиной бурения до 2900 м (согласно ОСТ 41-98.01-74 — 4,64 га), хотя фактические размеры изменялись в зависимости от ландшафта от 0,9 га до 8,5 га. Сходные сведения приводит Б. Е. Чижов (1998): в зависимости от типа буровых установок размеры нарушенных участков колеблются от 1,5 до 4 га, а с учетом вертолетных площадок — от 5 до 9 га.

Химическое загрязнение почвенного покрова происходит:

- при отсутствии системы сброса и накопления отходов бурения, надежной изоляции дна и стенок накопителей отходов бурения, разрушении конструкции накопителя;
- при отсутствии системы сбора загрязненных талых и ливневых вод;
- при разгерметизации системы циркуляции промывочных и других жидкостей, порывов трубопроводов, емкости с ГСМ;
- при аварийных ситуациях в процессе строительства скважины, связанных с выбросом флюидов;
- в процессе погрузки, транспортировки, выгрузки и хранения химических реагентов и материалов, используемых для приготовления буровых и цементных растворов;
- пластовыми флюидами в результате перетоков флюидов в случаях ненадежной конструкции скважины, некачественного цементирования колонн, негерметичности обсадных колонн.

Кроме того, может происходить *биологическое загрязнение* почвенного покрова патогенными микроорганизмами при недостаточной стерилизации санузлов и хозяйственно-бытовых сточных вод.

Таким образом, к основным потенциальным *химическим загрязнителям* почвенного покрова при строительстве геологоразведочных скважин относятся:

- буровые растворы, промывочные и задавочные жидкости, а также химические реагенты и материалы, используемые для их приготовления;

- отходы бурения, состоящие из бурового шлама и отработанного бурового раствора, буровых сточных вод;
- горюче-смазочные материалы;
- хозяйственно-бытовые сточные воды и твердые бытовые отходы.

Производственные и бытовые отходы. Структура отходов, образующихся при сейсморазведочных работах на Северо-Губкинском Северо-Марьинском и Присклоновом лицензионных участках, приведена в табл. 32. Основную массу отходов (96-98%), утилизируемых методом захоронения в местах образования, составляют остатки древесины от вырубki просек. Сами по себе эти отходы не представляют опасности для окружающей природной среды, так как относятся к 5-му классу — «практически неопасные» (табл. 33), но вследствие того, что не производится их утилизация — срубленную древесину бросают в местах рубок, — от захламления притрассовых участков возникает серьезная угроза резкого повышения пожарной опасности (Чижов, 1998). Брошенная древесина может быть также причиной возникновения очагов размножения насекомых-ксилофагов, вредителей лесного хозяйства.

При обустройстве скважин и прокладке коридора коммуникаций образуются твердые и жидкие отходы. *Твердые отходы* в основном представлены остатками строительных материалов. В процессе бурения образуются отработанный буровой раствор (ОБР), буровой шлам (БШ) и буровые сточные воды (БСВ). *Буровой шлам* — это измельченная породоразрушающим инструментом и вынесенная на поверхность буровым раствором порода, удаленная из системы циркуляции средствами очистки. Он состоит из твердой и жидкой фаз. Твердая фаза — твердообразное пластичное тело, образовавшееся в результате отстоя и глубоких физико-химических изменений отходов бурения в течение всего периода функционирования шламового амбара. Жидкая фаза — это многокомпонентная устойчивая суспензия на основе дождевых и талых вод, отработанного бурового раствора, содержащая минеральные и органические соли, нефть. *Буровые сточные воды* — это воды, образующиеся при обмывке и промывке технологического оборудования буровой установки и содержащие остатки бурового раствора или других загрязнителей, а также талые и дождевые воды, скапливающиеся на территории под блоками технологического оборудования буровой установки. Вся масса этих

буровых отходов размещается в шламовом амбаре. Фактически при бурении 1 скважины в среднем образуются: БШ — 200-300 м³, ОБР — 300-400 м³, БСВ — до 1 000 м³.

Таблица 32

**Виды и объемы образования отходов
при сейсморазведке по схеме 3D**

Виды отходов	Класс опасности	Количество на 100 км ² , т	Способ утилизации
Сучья, ветви при лесоразработках	5	676,600	захоронение
Зола древесная и соломенная	5	0,713	- " -
Шлак сварочный	4	0,020	вывоз на базу
Лом стальной в кусковой форме незагрязненный	5	2,500	- " -
Остатки и огарки стальных св. электродов	5	0,010	- " -
Масла моторные отработанные	3	0,430	- " -
Шлам очистки трубопроводов, бочек, контейнеров, цистерн, гудронаторов от нефти	3	0,255	- " -
Обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел 15% и более)	4	0,065	- " -
Обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел менее 15%)	4	0,380	захоронение
Отходы из жилищ несортированные (исключая крупногабаритные)	4	7,550	- " -
Мусор от бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный)	4	1,660	- " -
Аккумуляторы свинцовые отработанные неповрежденные, с не слитым электролитом	2	0,115	- " -
Пищевые отходы кухонь и объектов общественного питания несортированные	5	3,000	- " -
Итого:		693,298	

**Классы опасности отходов при сейсморазведке
по схеме 3D, т/год на 100 км²**

Класс опасности*	Северо-Губкинский, Присклоновый ЛУ		Северо-Марьинский ЛУ	
	объем	% в общем объеме	объем	% в общем объеме
1-й класс (чрезвычайно опасные)	0	0	0	0
2-й класс (высокоопасные)	0,115	0,016	0,230	0,065
3-й класс (умеренно опасные)	0,685	0,098	0,590	0,167
4-й класс (малоопасные)	9,675	1,395	7,030	1,988
5-й класс (практически неопасные)	682,823	98,489	345,665	97,783
Итого:	693,298	100	353,500	100

Примечание: * — в соответствии с приказом МПР РФ от 15.06.2001 № 511.

Результаты многочисленных экспериментов по определению класса опасности твердых отходов промышленного бурения, содержащих незначительные количества нефти (до 5 весовых процентов), показывают, что это отходы 4-го класса. Отходы бурения, не содержащие нефти, могут быть отнесены к 5-му классу практически неопасных отходов. В качестве подтверждения можно привести пример изучения опасности бурового шлама в амбарах разведочного бурения на Восточно-Перевальном, Тевлино-Русскинском и Кураганском нефтяных месторождениях. На основании расчетов и биотестирования в соответствии с методикой, изложенной в приказе Министерства природных ресурсов РФ (№ 511 от 15.06.2001), был установлен 5-й класс опасности. Основными загрязняющими веществами, на которые следует обращать внимание при планировании работ по утилизации отходов бурения, являются *нефть* и *нефтепродукты*.

К прочим видам отходов относятся металлолом, древесина, твердые бытовые отходы. Если не брать во внимание брошенные буровые вышки и буровое оборудование (2 площадки из 52 обследованных), то основная масса металлолома состоит из буровых труб и различных металлических емкостей. Кроме этого, повсеместно встречаются куски тросов, бочки, использованные буровые инструменты, элементы сборных конструкций. Общая масса металлолома на всех обсле-

дованных нами участках составила в среднем по 2,4 т на площадку (табл. 34).

Таблица 34

**Масса металлолома на площадках разведочного бурения
Западно-Салымского, Ваделыпского и
Восточно-Салымского месторождений, т**

Площадка	Масса	Площадка	Масса	Площадка	Масса	Площадка	Масса
3	2,5	19	2,6	255	16,1	283	0,2
4	2,0	20	1,0	260*	1,9	285	0,1
7	0,7	21	3,0	270	0,3	286	2,0
8	5,1	22	6,3	271	1,5	287	0,2
9	0,2	23	0,2	272	0,1	288	0,2
10	4,7	24	0,5	273	0,7	289	1,6
11	3,4	27	0,5	274	0,4	290	4,3
12	3,1	30 BC	1,6	275	0,2	291	1,0
13	3,1	30 ЗС	4,6	276	0,1	292	5,2
14	5,3	31	0,4	277	2,9	296	0,1
16	1,6	105	0,4	280	0,1	297	5,0
17	9,2	252*	4,1	281	6,0	298	0,1
18	4,7	253	2,2	282	0,2	299	0,2

Примечание: * — без учета массы буровой вышки и бурового оборудования.

Основная масса брошенной древесины образовалась в результате вырубки древостоя при обустройстве буровой площадки. Количество гниющей древесины на одной скважине достигало 1000 м³. Основная опасность этих отходов связана, во-первых, с возможностью возгорания в пожароопасный период, во-вторых, с вероятностью формирования очагов стволовых насекомых-вредителей. Твердый бытовой мусор представлен в основном консервными и стеклянными банками, кусками ткани, пластмассой. Этих отходов немного, и они не представляют особой экологической опасности.

Загрязнение нефтью и ГСМ. На этапе сейсморазведочных работ отмечается загрязнение почвы нефтепродуктами в базовых лагерях сейсморайонов. Обследование территории действующего лагеря

на Западно-Салымском месторождении (Р-281), проведенное нами в 2004 г., показало, что *основными источниками* загрязнения почвенного покрова ГСМ являются: дизельный генератор, склад ГСМ и незначительно — место летней стоянки техники. Результаты анализа почвенных проб представлены в таблице 35. Очевидно, что разливы ГСМ на складе привели к появлению стойкого очага загрязнения почв и грунтовых вод: концентрации НП (ТРН-анализ) и п-алканов на глубине 50 см превышают поверхностный уровень в 75 и 5 раз, соответственно. Степень загрязнения почвы в месте установки дизельного генератора значительно меньше, но также отмечается и на глубине 50 см. Максимальную долю в формирование загрязнения на территории склада ГСМ среди п-алканов вносят п-нонан и п-декан — 83% на поверхности и 99% на глубине 50 см. Около генератора основная часть приходится на п-гептан — 57% на поверхности и 66% на глубине 50 см.

Таблица 35

**Результаты ТРН анализа проб почвы
в базовом лагере сейсмопартии, мг/кг**

Тип анализа	Склад ГСМ		Генератор	
	поверхность	50 см	поверхность	50 см
ТРН в диапазоне $C_{10}-C_{40}$	657	49500	55,3	69,6
Сумма п-алканов C_6-C_{10} , в том числе:	12643	63229	7,5	3,5
п-гексан	<1	<1	2,0	<1,0
п-гептан	723	324	4,3	2,3
п-октан	1320	555	1,0	0,9
п-нонан	3000	32200	0,2	0,3
п-декан	7600	30150	<0,3	<0,3

Реконструировать причины и масштабы загрязнения почвенного покрова нефтью и ГСМ на этапе геологоразведочного бурения можно по материалам обследования состояния территорий старых геологоразведочных скважин. Наши исследования показали, что загрязнение нефтью в период бурения скважины происходит:

— при аварийных выбросах нефтесодержащих пластовых флюидов;

- испытании скважин;
- переполнении амбаров для сбора пластовых флюидов.

Загрязнение ГСМ происходит:

- при утечках из резервуаров хранения дизельного топлива и смазочных материалов (склады ГСМ);
- утечках топлива и масла из дизельных генераторов электроэнергии;
- утечках топлива и масла из двигателей автомобилей на местах стоянок;
- утечках из продуктопроводов.

Максимальные размеры (сотни квадратных метров) имеют участки, загрязненные в результате утечек из амбаров (в среднем — 1,5 участка на скважину, средняя площадь — 90 м²). Загрязненные участки складов ГСМ и мест размещения генераторов имеют небольшие размеры, измеряемые единицами и десятками квадратных метров.

Таким образом, основное воздействие на почвенный покров в период поисково-разведочных работ относится к категории *разовых воздействий*, происходящих:

- при сейсморазведке — захламление древесными отходами и химическое загрязнение ГСМ;
- строительстве геологоразведочных скважин — механическое (при обустройстве площадок бурения) и химическое (в первую очередь — нефтяное).

На этапе строительства объектов нефтедобычи наиболее значимое воздействие на почвенный покров оказывает *механическая трансформация* земель в результате планировки рельефа под объекты строительства, разработки карьеров песка и торфа, захламления территории срубленной древесиной и пр. По подсчетам специалистов, средняя плотность технических объектов на промыслах составляет 10–20 (скважины, компрессорные станции и др.) на 1 км², а плотность трубопроводов — 11 км/1 км². При прокладке магистральных трубопроводов на каждые 100 км трассы приходится до 450 га уничтоженного почвенного покрова, а при строительстве автодорог площадь нарушения достигает 400 га/100 км (Романенко, 1999).

Химическое загрязнение почвы происходит в процессе строительства добывающих и нагнетательных скважин. Наибольшую опасность представляют производственно-технологические отходы бурения, которые накапливаются и хранятся непосредственно на территории буровой в шламовых (земляных) амбарах. Основные за-

грязнители — нефть, химреагенты буровых растворов (хлориды, ионы аммония и пр.). По сведениям С. Л. Дожоруковой и Е. П. Янина (2002), в 1990 г. масса нефти, аккумулированной в амбарах Западно-Сибирского нефтегазового бассейна, превышала 300 тыс. т.

Источники загрязнения почвенного покрова при бурении скважин Ю. И. Быков (1991) разделяет на *постоянные* и *временные*. К первым относятся фильтрация и утечки жидких отходов бурения из шламовых амбаров. Ко второй группе — источники временного действия: поглощение бурового раствора при бурении, выбросы пластового флюида на дневную поверхность, нарушение герметичности зацементированного заколонного пространства, приводящее к межпластовым перетокам и заколонным проявлениям, затопление территории буровой вследствие паводка в период весеннего половодья или интенсивного таяния снегов и разлив при этом содержимого шламовых амбаров.

Наиболее распространенной причиной загрязнения почвенного покрова отходами бурения является утечка из шламовых амбаров. Это происходит при разрушении их стенок в результате переполнения атмосферными осадками либо при таком варварском способе рекультивации, как сталкивание содержимого осуществляется с помощью экскаваторов на прилегающую к кусту скважин территорию. В результате осуществляется загрязнение и заиливание значительных земельных участков. Нами отмечались факты незаконного сброса нефтесодержащих буровых сточных вод за пределы шламовых амбаров посредством специальных шлангов, закопанных в обваловку.

В соответствие с предложенной нами классификацией видов воздействий на этапе строительства, почвенный покров подвергается *разовым* воздействиям как в пределах, так и за пределами временных отводов, а также *стабильным* и *нарастающим длительным воздействиям* в пределах долгосрочных отводов.

Этап добычи. На этапе добычи основное воздействие на почвенный покров оказывается *нефтяным загрязнением*. Причем по мере увеличения обводненности продукции скважин все большее значение приобретает *нефтесолевое* загрязнение земель, когда нефть изливается на поверхность почв вместе с минерализованными пластовыми водами. По нашим оценкам в середине 90-х гг. прошлого века на территории ХМАО-Югры имелось более 40 000 га нефтезагрязненных земель (См.: Гашев и др., 1996). Площадь загрязненных нефтью земель достигла к началу 2004 г. 800 км² (Нефть и газ Евразии. 2004. № 2; Голубчиков, 2004).

Результаты проведенного нами наземного картирования нефтяного загрязнения территорий многих месторождений показали, что основными причинами попадания нефти в ОПС являются:

- порывы коллекторов системы нефтесбора,
- утечки из шламовых амбаров через нарушенную обваловку,
- разбрызгивание и разливание при поломке задвижек,
- разбрызгивание при фонтанировании с факелов,
- утечки с кустовых и производственных площадок различных технологических объектов.

Наибольшее число зафиксированных разливов нефти происходит при порывах нефтепроводов. Причины аварий в системе транспорта нефти подразделяют на *четыре группы*: 1) произошедшие в результате коррозии; 2) механические повреждения (наезды транспорта); 3) строительный или производственный брак, дефект металла; 4) прочие. Анализ материалов экологических служб НГДУ по отказам (порывам) показал, что в среднем 96 аварий из 100 обусловлены коррозией труб (рис. 16).

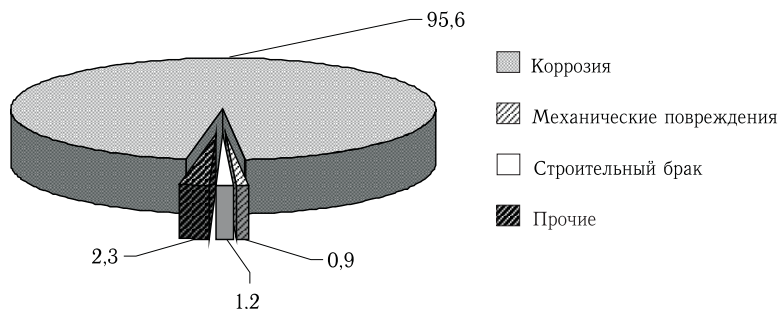


Рис. 16. Распределение причин аварийности на нефтесборных коллекторах ХМАО-Югры в период с 1996 по 2002 г., %

Первую группу причин по характеру коррозии можно подразделить еще на три подгруппы: внутреннюю коррозию, наружную и смешанную. Анализ статистических данных аварий по причине коррозионного износа на нефтегазодобывающих предприятиях ХМАО-Югры показал, что средний срок службы внутрипромысловых коллекторов до первой аварии составляет от 2 до 3 лет, причем более 90% случаев приходится на внутреннюю коррозию (Поподько, 2004; Соромотин, 2004).

Выделяют несколько типов внутреннего коррозионного износа труб: канавочная (ручейковая) коррозия по нижней стороне трубы, свищи по телу трубы и коррозия по сварному шву. Опыт эксплуатации трубопроводов и резервуаров сбора нефти показывает, что наиболее распространенной причиной коррозионных порывов является канавочное коррозионно-механическое разрушение (71%). Скорость канавочной коррозии составляет 2-3 мм в год при средних скоростях других видов коррозий, измеряемых десятими долями миллиметра в год, причем разрушение ряда трубопроводных систем происходит в срок менее 1 года после ввода в эксплуатацию (Поподыко, 2004). Кроме того, нефтесборные коллекторы эксплуатируются под воздействием механических напряжений, включая циклические, усиливающих коррозионное и коррозионно-механическое разрушение металла (Скормный, 2004). Причина канавочной (ручейковой) коррозии нефтепромысловых трубопроводов — взаимодействие металла трубы и перекачиваемой коррозионно-активной среды. С увеличением срока эксплуатации месторождений возрастает объем добываемой минерализованной воды, закачанной в пласт для поддержания пластового давления. При этом возрастает и опасность внутренней коррозии трубопроводов, резервуаров и другого оборудования.

Проведенное ООО «ПромЭкоЭксперт» ранжирование трубопроводов, особенно межпромысловых, предприятий нефтедобычи по степени «долговечности» безаварийной эксплуатации в зависимости от их места в технологической цепочке добычи и подготовки нефти показало, что основное количество происшествий и аварий связано с нефтесборными и напорными нефтепроводами (идущими от ДНС) и водоводами высокого давления системы ППД. Удельная частота порывов нефтепроводов всех типов изменялась от 0,131 до 0,247 на 1 км в год (Миронюк, Пронина, 2001).

В почвах нефть и НП могут находиться в *следующих формах* (Сборник методик ..., 1987):

1) в пористой среде — в парообразном и жидком легкоподвижном состоянии, в свободной или растворенной водной или водно-эмульсионной фазе;

2) в пористой среде и трещинах — в свободном неподвижном состоянии, играя роль вязкого или твердого цемента между частицами и агрегатами почвы, в сорбированном состоянии, связанном на частицах горной породы или почвы, в том числе — гумусовой составляющей почв;

3) в поверхностном слое почвы или грунта в виде плотной органиноминеральной массы.

Как свободные, так и малоподвижные связанные формы нефтепродуктов отдают летучие фракции в атмосферу, а растворимые соединения — в воду. Со временем этот процесс полностью не прекращается, так как микробиологические трансформации углеводов частично приводят к образованию летучих и водорастворимых продуктов метаболизма (Сборник методик ..., 1987).

Для оценки воздействия нефтяного загрязнения на наземные биогеоценозы и планирования рекультивационных мероприятий нами разработана классификация нефтяных разливов региона (Соромотин и др, 1989; Гашев и др., 1992). В основу классификации положены концентрация загрязнителя (нефти), давность загрязнения, площадь загрязнения и биотопическая приуроченность. На основе этого предложена схема деления интенсивности нефтяного загрязнения почв, базирующаяся на деградационно-восстановительных реакциях сообществ древесной и травянистой растительности, а также на показателях внешнего вида разлива. Выделяется *три степени загрязнения почв*: слабая — с концентрациями нефти в лесной подстилке или верхнем 10-сантиметровом слое торфа до 10 весовых процентов, средняя — 10-40% и сильная — более 40% (табл. 36).

Слабая степень загрязнения чаще всего образуется при фонтанировании с разорванных коллекторов либо старых разливах первоначально средней степени загрязнения. Разливы средней степени, как правило, представляют собой окраины разливов сильной степени. По хронологическому принципу загрязненные участки делятся на *очень свежие* — до 1 года с момента аварии, *свежие* — 1-3 года и *старые* — более 3 лет. К первой и второй группам относятся и старые, повторно загрязняемые участки. По площади загрязнения нами выделяются *мелкие* разливы — до 0,1 га, *средние* — от 0,1 до 1 га и *крупные* — более 1 га. При попадании нефти и нефтепродуктов изменяется весь комплекс свойств почвы, характеризующих ее плодородие: ухудшаются физические свойства, изменяется почвенный поглотительный комплекс, резко снижается содержание подвижных соединений азота и фосфора, развивается солонцовый процесс. В загрязненных почвенных горизонтах уменьшается кислотность почвенного раствора, за счет компонентов нефти происходит увеличение содержания органического вещества. Резко изменяется интенсивность окислительно-восстановительных ферментативных процессов (Хазиев, Фатхиев,

1981; Солнцева, 1988; Исмаилов, 1988; Оборин и др., 1988; Бузмаков, Костарев, 2003; Салангинас, 2003). Попадая в почву, легкие фракции нефтепродуктов просачиваются вниз по профилю, заполняя капилляры, микропоры, трещины, что создает анаэробный режим, и почвы становятся водонепроницаемыми. Густые фракции накапливаются на поверхности почвы, создавая прочные, толстые корки (Самосова и др., 1989). Механизмы геохимической трансформации почв под воздействием нефтяного и солевого загрязнений наиболее полно рассмотрены в монографии Н.П. Солнцевой «Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов» (1998).

Таблица 36

**Характеристика разливов нефти
разной степени по лесным участкам**

Слабая степень	Средняя степень	Сильная степень
Чаще всего при фонтанировании с разорванных коллекторов либо старых разливах средней степени. В первую очередь загрязняются лесная подстилка и кроны деревьев. На момент обследования (через один вегетационный сезон после разлива) нефть отмечается в виде пятен на стволах деревьев со стороны источника загрязнения, поверхности валежин, опавшей листве. Погибшие и усыхающие деревья и подрост единичны. Живой напочвенный покров практически восстановился. Аспект зеленый. Образцы подстилки слабо пахнут нефтью и не пачкают руку	Чаще всего это окраины разливов сильной степени. Нефть выступает на поверхность по понижениям, на остальной территории пропитывает моховой покров снизу от границы с минеральным почвенным горизонтом. При сжатии в руке образца подстилки (кроме понижений) нефть пачкает руку, но не вытекает между пальцами. Живой напочвенный покров и подрост сохранился фрагментарно, по кочкам почти полностью. Древостой находится в угнетенном состоянии. Аспект буро-зеленый	Нефть пропитывает лесную подстилку и моховой покров целиком, стоит лужами по понижениям. При сжатии в руке образца подстилки или мха нефть выступает между пальцами, сильно пачкая руку. Живой напочвенный покров, подрост и древесной погибли полностью. На старых разливах остаточный нефтепродукт образует на поверхности погибшего мохового покрова сплошную асфальтено-смолистую корку. Аспект черный или коричнево-черный

Примечание: тест на сжатие образца подстилки не используется на переувлажненных участках, так как нефть будет вытекать вместе с водой.

Примером физического воздействия нефтяного загрязнения на почвенный покров может служить показанная нами закономерность

повышения температуры нефтезагрязненных почв (Соромотин, 2000). Обнаружено, что повышение температуры на суглинистых почвах происходит уже в толще лесной подстилки, а на глубине 20 см от границы минерального и органогенного почвенного горизонтов разница составляет более 3°C (табл. 37). Повышение температуры замазученных почв усугубляет дефицит почвенной влаги. На прогрев замазученных почв на 5–6° по сравнению с чистыми указывает также А. М. Каралов (1989).

Таблица 37

Средние значения температуры почвенных горизонтов на чистых (контроль) и нефтезагрязненных (опыт) участках, °С

Участок	Поверх- ность	Минеральный горизонт (см)			
		5	10	15	20
<i>1 супеси</i>					
Контроль	26,0±2,0	17,0±1,0	13,2±0,4	11,0±0,0	9,8±0,2
Опыт	31,7±2,0	17,2±0,2	16,2±0,2**	14,8±0,2***	14,2±0,2***
<i>2 суглинки</i>					
Контроль	32,3±2,0	8,8±0,1	8,4±0,1	8,1±0,1	8,0±0,0
Опыт	33,3±0,9	12,4±0,1***	12,0±0,0***	11,7±0,1*	11,4±0,1***

Примечание: различия достоверны при: * — $P<0,05$; ** — $P<0,01$; *** — $P<0,001$.

В качестве иллюстрации типологических характеристик нефтяного загрязнения в Среднем Приобье приведем данные наземного обследования производственной территории крупнейшего нефтегазодобывающего предприятия региона — ОАО «Юганскнефтегаз». Наземное картографирование этого района проводилось нами в 1999–2002 гг. на месторождениях: Мамонтовском, Правдинском, Приразломном, Северо-Салымском, Западно-Салымском, Петелинском, Угутском, Западно-Угутском, Южно-Балыкском, Средне-Балыкском, Мало-Балыкском, Южно-Сургутском, Солкинском, Усть-Балыкском, Асомкинском (Соромотин, 2004). При обследовании было выявлено 611 нефтезагрязненных участков общей площадью более 750 га (табл. 38). Оказалось, что каждый второй разлив и 2/3 загрязненной территории находятся на болотах.

Анализируя распределение нефтяных разливов по давности загрязнения, следует отметить, что на момент обследования большее

их число имело давность более 3 лет (табл. 39). Этот факт свидетельствует о том, что в последние годы предприятиями уделяется большое внимание профилактическим работам по предотвращению аварий на внутрипромысловых коллекторах.

Таблица 38

Биотопическое распределение нефтяного загрязнения производственной территории ОАО «Юганскнефтегаз»

Биотоп	Количество	Площадь, га	% от общего количества	% от общей площади
Болота	338	516,81	55,3	68,7
Водные поверхности	106	27,82	17,3	3,7
Минерализованные почвы	13	10,21	2,1	1,4
Лесные земли	128	153,42	20,9	20,4
Пойменные земли	20	43,16	3,3	5,7
Прочие	6	1,39	1,0	0,2
Всего:	611	752,81	100,0	100,0

Таблица 39

Характеристика нефтяного загрязнения производственной территории ОАО «Юганскнефтегаз» по срокам давности

Давность загрязнения	Количество разливов	Доля от общего числа разливов, %	Площадь, га	Доля от общей площади, %
Свежие (до 3 лет)	66	10,8	158,90	21,1
Старые (более 3 лет)	545	89,2	593,91	78,9
Всего:	611	100,0	752,81	100,0

Рассматривая характер распределения разливов нефти по площадям, необходимо отметить, что крупные разливы составляют 26% их общего числа, при этом на них приходится до 85% замазученной территории (табл. 40). Усредненный крупный разлив имеет площадь почти 4 га. Основное число разливов имеют размеры от 0,1 до 1 га.

Сходные результаты распределения нефтяных разливов по площадям и биотопической приуроченности на примерах некоторых месторождений ХМАО-Югры показаны в работах Б. Е. Чижова (1998) и В. Н. Бобова с соавторами (1998). В частности, для Мамонтовского

месторождения установлено, что и количественно, и по общей площади преобладают участки с сильной степенью загрязнения. Причем большинство свежих разливов (85%) имеет сильную степень загрязнения (Казанцева и др., 2001).

Таблица 40

Характеристика нефтяного загрязнения производственной территории ОАО «Юганскнефтегаз» по площади разливов

Категории разливов	Количество	Доля от общего количества, %	Площадь, га	Доля от общей площади, %	Средняя площадь, га
Мелкий	192	31,4	9,55	1,3	0,05
Средний	259	42,4	107,13	14,2	0,41
Крупный	160	26,2	636,13	84,5	3,98
Всего:	611	100,0	752,81	100,0	1,23

При авариях, когда нефть свободно разливается по поверхности, образуются техногенные потоки, которые могут воздействовать на большие площади. Характер распространения этих потоков загрязнителей и размеры нарушенных участков, а также биотопы, испытывающие наибольшую нагрузку, определяются в первую очередь рельефом и почвенными условиями местности. Анализ площадей разливов и биотопической приуроченности, выполненный для двух месторождений (Аганского и Мыхпайского), имеющих различные ландшафтные характеристики, показал, что на Аганском месторождении (расположено на Аганском Увале, в одной из наиболее возвышенных частей средней тайги) количественно преобладают мелкие разливы, однако по площади замазученной территории больше средних разливов. На Мыхпае, который занимает юго-западную часть огромного озерно-болотного комплекса вокруг озер Саянское, Белое, Кымыл-Емтор, наибольшее число составляют средние разливы, а более 2/3 загрязненной площади приходится на крупные, превышающие 1 га. Более того, на Мыхпае в 2 раза возрастает размер крупных разливов. Растекаясь по дренированной пересеченной поверхности, в частности на Агане, нефть стекает узкими полосами от места аварии в понижения рельефа, по ходу пропитывая грунт. Участки леса подвергаются загрязнению как раз при миграции техногенных потоков с более высоких мест в более низкие. Разливы, происходящие в зоне

верховых грядово-мочажинных сфагновых болот (Мыхпай), сопровождаются беспрепятственным разливом нефти по большой площади, что обусловлено незначительным проникновением углеводородов в глубь сильно обводненных болотных почв. Эту зависимость подтверждает и анализ биотопической приуроченности замазученных территорий. На Аганском месторождении большая часть разливов расположена на дренированных почвах лесопокрываемых земель, и незначительная их часть приходится на верховые болота. Совсем иная картина на Мыхпае, где часть всей нефтезагрязненной площади — болотные биотопы.

Таким образом, проанализировав статистические характеристики нефтяного загрязнения в среднетаежной зоне Западной Сибири, можно сделать вывод о том, что наибольшее число разливов нефти на момент обследования имело давность более 3 лет и биотопически чаще всего находится на заболоченных территориях. При этом большая часть участков имеет площадь до 1 га, но примерно четверть больших разливов составляют три четверти всей загрязненной территории. Естественно, что характеристики нефтяного загрязнения для разных лицензионных участков будут различаться в зависимости от преобладающих форм рельефа (например, как рассмотренные Аганское и Мыхпайское месторождения), однако по региону в целом данные значительно не изменятся. Сведения о типологии разливов имеют большое практическое значение при планировании рекультивационных работ и разработке наиболее экологически целесообразных мероприятий, а также при выборе первоочередных объектов, представляющих наибольшую опасность как вторичные источники нефтяного загрязнения природной среды.

Загрязнение почв нефтепродуктами происходит и при *неполном сгорании в факелах*. Нефть попадает на растительность и поверхность почвы при выбросах большой мощности, когда поступающие на факел вещества не успевают сгорать и в виде капель оседают на прилегающей территории. Вследствие этого на поверхности воды подфакельного котлована с наветренной стороны часто образуется пленка из нефтепродуктов. Анализ содержания нефтепродуктов в почвенных образцах с поверхности обваловки прифакельной зоны ЦДНГ-2 НГДУ «Мамонтовнефть» показал их среднее содержание 0,57 г/кг.

Наряду с нефтяным загрязнением, типичным явлением на эксплуатируемых нефтяных месторождениях бывает техногенное засо-

ление почв в результате воздействия минерализованных вод (Белюсова и др., 1997; Габбасова и др., 1977; Солнцева, 1998). В системе поддержания пластового давления (ППД) повсеместно используются высокоминерализованные подтоварные (пластовые) воды, извлекаемые вместе с нефтью. В результате коррозионного разрушения коллекторов системы ППД происходит солевое загрязнение значительных территорий. На территории Суторминского месторождения мы наблюдали разлив минерализованных вод площадью около 3 км², образовавшийся в результате многомесячной утечки из водовода системы ППД. О масштабах солевого загрязнения можно судить по материалам наземного картирования нарушенных территорий ряда месторождений Нижневартовского района. Солевое загрязнение в чистом виде встречается в среднем в 7-10 раз реже по сравнению с нефтесолевым и нефтяным (Соромотин и др., 1996; Гашев и др., 1996). Распределение нефтезагрязненных и засоленных земель в обследованных районах следующее:

Месторождение	Площадь, км ²	Нефтезагрязненные земли, га	Засоленные земли, га
Мыхпайское	130,0	90,4	9,5
Самотлорское: НГДУ «Белозернефть»	228,1	532,7	52,0
НГДУ «Приобьнефть»	312,0	793,9	68,5

Анализ пластовых и подтоварных вод Самотлорского месторождения показал, что это среднеминерализованные, солоноватые и соленые очень жесткие воды. Общая минерализация подтоварных вод составляет в среднем 1,5 г/л (от 9 до 15 г/л). Солевой состав в основном представлен хлоридами натрия и калия. Содержание кальция и магния намного меньше. При этом наблюдается очень малое содержание карбонатов и полное отсутствие сульфатов. Высокая жесткость обусловлена содержанием ионов кальция и магния, превышающим 8 мг-экв/л. Своеобразный солевой и микроэлементный состав пластовых вод резко нарушает состояние экосистем, часто приводя к их полной деградации. Интенсивность воздействия минерализованных вод на геохимию и состояние природных комплексов часто более значительна по сравнению с нарушениями, вызванными только нефтяным загрязнением.

Геохимические анализы показали, что распределение концентраций солей в вертикальном профиле почв бывает различно: с максимумом в верхних горизонтах почвенного профиля, в средней и нижней частях и практически однородное по всему профилю почвы. При солевом загрязнении происходит *пространственное разделение* поступивших в почву минеральных соединений, обусловленное их разной растворимостью. Наглядно это проявляется в изменении соотношения между основными ионами (например, $\text{Cl}^- / \text{KCO}_3^-$). Менее подвижные карбонаты фиксируются в ближайших от источника загрязнения почвах, сульфаты мигрируют несколько дальше, а хлориды создают внешний контур техногенного ореола (Солнцева, 1998). То же самое наблюдается при комплексном загрязнении, когда на поверхность почвы изливается сырая нефть, содержащая минерализованные пластовые воды. Вследствие этого битуминизированное пятно на почве оконтурено полосой засоления.

Проведенные исследования позволили представить общую схему трансформации галогенного потока в конкретных условиях Самотлорского месторождения. В начальный момент, когда минерализованные промстоки изливаются на почву, происходит их смешивание с поверхностными и близкорасположенными грунтовыми водами. Как показали анализы, концентрация водорстворимых солей в загрязненной почве примерно в 2 раза ниже, чем у подтоварной воды: 5-7 и 11-12 г/л, соответственно. В первый летне-осенний период содержание солей в водной вытяжке из загрязненной почвы составляет в среднем 1-2 г/100 г грунта, т. е. примерно в 10 раз меньше, чем у разлившейся воды. Еще через год, т. е. на разливах 2-летней давности, общая минерализация находится на уровне 10-15% от исходной и составляет примерно 0,2-0,3 г/100 г в верхнем и около 1 г/100 г грунта в более глубоких почвенных горизонтах. С течением времени сформировавшийся техногенный поток все более обессоливается за счет фильтрации, вымывания и разбавления атмосферными осадками и верховодкой в весенне-осенний период. На разливах 5-летней давности содержание солей в наиболее загрязненном горизонте профиля составляет не более 5% от исходной. Однако на очень старых разливах (20 лет) общая минерализация хотя и низка, но все же отлична от фонового уровня (в среднем 0,02 г/100 г почвы) не только по абсолютным значениям (0,12-0,14 г/100 г почвы), но и качественно. Если солевой состав незагрязненных почв обусловлен, в первую

очередь, ионами HCO^- и Mg^{2+} , то галогенных — ионами Cl^- , Na^+ и K^+ (рис. 17). Сходные результаты для дерново-подзолистых почв южной тайги Пермского Прикамья приводит Н.П. Солнцева (1998): даже через 15-18 лет после аварии содержание водорстворимого натрия все еще в 5-6 раз превышало фоновые концентрации.

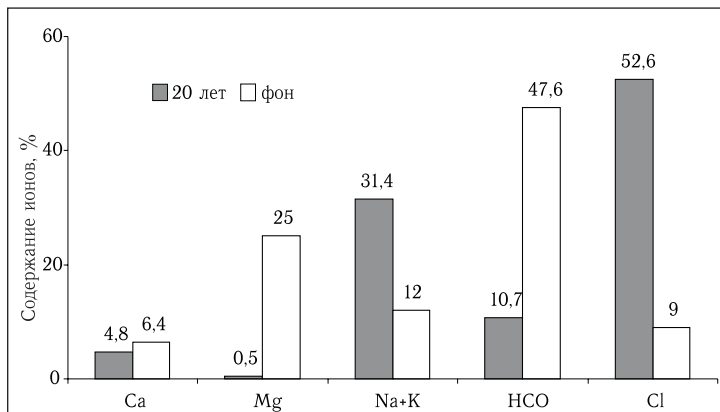


Рис. 17. Состав солей в водных вытяжках из почв, загрязненных минерализованными водами, и из чистых почв в районе Сомотлорского месторождения

Наряду со снижением общей минерализации происходит *пространственная* трансформация техногенного потока в толще почв. Мы выделяем *три этапа* галогенного процесса в загрязненных грунтах. На *первом этапе*, когда минерализованные воды свободно разливаются по поверхности почвы, пропитывают моховой покров и подтекают под него, максимальные концентрации солей создаются во всем верхнем органогенном горизонте лесных почв или верхней части торфяной залежи болотных почв. Именно в этой части почвенного профиля (до 50 см) анализы показывают максимальную концентрацию солей в 1-й год с момента разлива — прежде всего, хлоридов натрия и калия (рис. 18).

В этот период происходит интенсивная фильтрация растворимых солей в более глубокие почвенные горизонты, в результате чего с увеличением глубины возникает положительный градиент концентраций солей. Это является признаком начала *второго этапа*. Максимальная общая минерализация водных экстрактов и почвенных вод,

в первую очередь за счет хлоридов, отмечена на глубине 0,5-1,0 м от поверхности через 2 года после аварии. Накопление солей в глубоких почвенных горизонтах может идти продолжительное время и зависит от целого ряда эдафических и климатических факторов. Этот этап наступает предположительно на 2-й и заканчивается на 3-4-й год после однократного загрязнения. Об «отгонке» соединений хлора в нижнюю часть профиля и к краям зоны загрязнения, вне зависимости от начального состава солей и любых типов принимающих почв, как о важнейшей первичной геохимической дифференциации солей пишет Н. П. Солнцева (1998): с течением времени наблюдается смещение пика солевых нагрузок вниз по генетическому профилю почв. В почвах северной тайги Западной Сибири при активной потере солей из верхней части профиля происходит засоление нижних горизонтов.

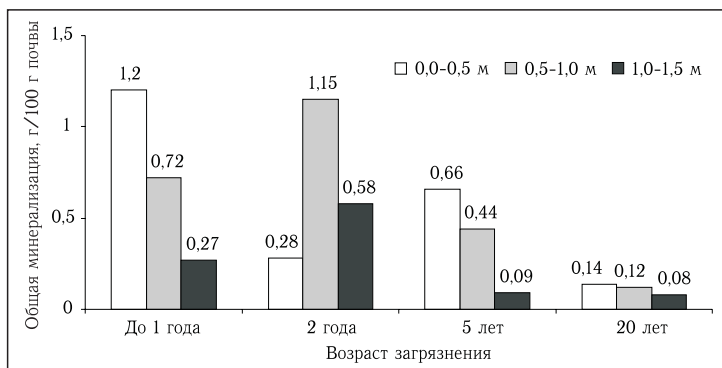


Рис. 18. Распределение солевого загрязнения по почвенному профилю в зависимости от давности загрязнения

Несмотря на наличие в почвенном профиле различного рода барьеров, фильтрация и разбавление техногенного потока продолжают и к 3-4-му году с момента загрязнения восстанавливается исходный градиент концентраций: с увеличением глубины степень минерализации уменьшается. Такое положение сохраняется до полного обессоливания участка (до фоновое уровня). Это *третий*, заключительный этап пространственного генезиса техногенного потока, вызванного разливом нефтепромысловых минерализованных сточных вод. Необходимо заметить, хотя выявленные закономерности

сти носят общий характер, количественные характеристики процессов можно экстраполировать лишь в сходных естественных и технологических условиях.

Экологические особенности состояния почвенного покрова на **этапе ликвидации месторождений** заключаются в том, что процессы техногенного литогенеза в целом начинают преобладать над процессами деградации. При ликвидации или консервации объектов нефтегазодобывающего комплекса почвенный покров подвергается механическому воздействию и химическому загрязнению. Механическое воздействие оказывается, как правило, при рекультивации, в пределах долгосрочных отводов и проявляется в перепланировке поверхности, срезке земляных масс (выравнивании положительных и отрицательных форм техногенного микрорельефа), мульчировании поверхности инородными грунтами (песок и торф), уположивании склонов и откосов (карьеры) и пр.

К *основным потенциальным загрязнителям* почвенного покрова при ликвидации и консервации добывающих и нагнетательных скважин относятся: сточные воды, отработанный буровой раствор, находящийся в скважине; горюче-смазочные материалы, хозяйственно-бытовые сточные воды и твердые бытовые отходы, хлористый натрий и хлористый кальций, используемые для приготовления солевых растворов, загрязненные ливневые стоки.

В результате *разовых* воздействий техногенно-трансформированный почвенный профиль приобретает четкую дифференциацию, а в ряде случаев в период 20-30 лет с момента повреждения восстанавливается в основных своих морфологических чертах, при этом может восстановиться и полный набор генетических горизонтов, характерных для исходного типа почв (Солнцева, 1981). Н. П. Солнцева (1998) отметила еще одну важную особенность техногенной трансформации почв. По ее мнению, почвы в зоне техногенеза, характеризующиеся устойчивым геохимическим своеобразием, не могут рассматриваться только в качестве временных техногенных модификаций исходных почв, так как их новообразованные свойства не только не записаны в «почве-памяти», но и не имеют соответствующих природных аналогов.

Восстановление почвенно-растительного покрова естественного и антропогенного характера может тормозиться в результате длительных возвратных воздействий, таких как химическое загрязне-

ние продукцией ликвидированных скважин с разрушенным устьем, повторные нефтесолевые загрязнения при многократных порывах коллекторов и пр., что значительно замедляет почвообразовательные процессы.

А. А. Титлянова и А. А. Тесаржова (1991) выделяют *четыре фазы* в развитии биологического круговорота, связанного с накоплением углерода вначале в растительном, а затем в почвенном органическом веществе в процессе почвообразования:

1. Чистая первичная продукция возрастает до терминального уровня, накопление почвенного органического вещества незначительно, накопление углерода $75\text{--}290\text{ г/м}^2$ в год, продолжительность фазы 5–25 лет.

2. Запасы компонентов растительного вещества начинают приближаться к зональному уровню, быстро накапливается почвенное органическое вещество, накопление углерода $75\text{--}180\text{ г/м}^2$ в год, продолжительность фазы при первичной сукцессии 20–50 лет.

3. Все компоненты, кроме гумуса, находятся на стационарном уровне, органическое вещество почвы продолжает накапливаться до уровня зональных экосистем, накопление углерода около 2 г/м^2 в год, продолжительность фазы 70–250 лет.

4. Формирование полного почвенного профиля с образованием в лесных почвах гумусового профиля. Продолжительность от сотен до тысяч лет.

Исследования эволюционного развития подзолистых почв в средней тайге Западной Сибири, проведенные Г. И. Махониной и И. Н. Коркиной (2002), показали, что за 50 лет формируется только слой подстилки без образования элювиального горизонта. А. И. Морозов и В. О. Таргульян (1995), моделируя процесс элювиально-иллювиальной дифференциации профиля почв и коры выветривания в кислых условиях, установили, что на песчаных породах в гумидных областях 1 см элювиального горизонта формируется за 300 лет. Итак, следует предположить, что естественный почвообразовательный процесс на техногенных пустошах и песчаных отсыпках в районах нефтепромыслов Тюменской области займет несколько столетий.

§5. ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Для оценки техногенного воздействия на ландшафт нами применен ландшафтно-экологический анализ, что обусловлено тем, что он наиболее полно отражает природные особенности территории месторождений. На основе соотнесения иерархически соподчиненных закономерно обусловленных природно-территориальных комплексов (ПТК) к различным видам нарушений наглядно выделяются характер и степень трансформации их естественного состояния. Наиболее удобной территориальной единицей при ландшафтно-экологических исследованиях является урочище, понимаемое как сопряженная система фаций, объединяемых общей направленностью физико-географических процессов и приуроченных к одной мезоформе рельефа на однородном субстрате (Исаченко, 1991). На локальном уровне отдельных фаций биологические сообщества испытывают влияние только отдельных промышленных факторов. Для выявления совокупного воздействия необходимы сопряженные ряды фаций, которые, в свою очередь, формируют доминантные и содоминантные урочища.

Существуют различные методы оценки техногенного воздействия: учитывающие наиболее серьезные и разрушительные проявления — нефтяное и солевое загрязнения (Реморов и др., 1996), определяющие время, необходимое экосистеме до климаксового либо до полного восстановления (Тишков, 1996; Васильев, 1998).

Разработаны разные *классификации антропогенных ландшафтов*, основанные на выделении:

- типов генезиса антропогенных ландшафтов и выявлении генетических групп внутри типов (Мильков, 1973);
- групп воздействий на экосистемы, различающихся перспективой восстановительной динамики нарушенных при этом земель (Васильев С. В., 1988);
- степени трансформации экосистем по дистанционному зондированию Земли (ДЗЗ) (Виноградов, 1981).

Однако наиболее доступным и удобным способом оценки воздействия является определение площади нарушенных земель и их доли в общей площади территории исследования (месторождений, лицензионных участков).

Специфика воздействия на региональном ландшафтном уровне актуальна при выделении уязвимых территорий и будет рассмотрена ниже в главе, посвященной каркасу экологической устойчивости. Помимо оценки с учетом ландшафтного своеобразие, необходимо решение вопроса о совокупном воздействии антропогенной деятельности и ее отдельных видов на ландшафтную структуру территории, выявление критериев оценки и показателей перехода на более высокую иерархическую ступень. Совокупное воздействие охватывает все техногенно нарушенные ландшафты. Под *техногенным нарушением* мы понимаем изменения почвенно-растительного покрова и рельефа первичных ландшафтов, к которым не применялись мероприятия по их восстановлению и ликвидации негативных последствий, снижающих природный ресурсный потенциал и качество среды обитания.

Немаловажно проследить динамику техногенных нарушений в ходе разведки, обустройства и эксплуатации месторождения, что позволит определить доминирующие факторы и их роль с течением времени. При этом можно сопоставить месторождения, находящиеся на разных этапах освоения, но расположенные в сходных природных условиях, а также по нормативным и проектным документам, архивным материалам и топографическим картам восстановить историю отдельного месторождения.

Ведущую роль при определении техногенных нарушений играют разновременные данные ДЗЗ, позволяющие объективно, максимально быстро и качественно выделять и классифицировать антропогенные ландшафты. Предпочтительно использовать при этом снимки среднего и высокого пространственного разрешения типа Landsat, Aster, Spot, Alos и др. При автоматическом дешифровании необходима обязательная верификация и в данном случае ручное дешифрование является более объектно точным.

Основой исследования для любой территории является *базовая ландшафтная карта*, выполненная до уровня урочищ по единой методике на основе однотипных, достоверных и актуальных исходных данных. Именно ландшафтная карта позволяет раскрывать природные особенности территории, наиболее полно характеризовать каждую ландшафтную единицу и выявлять доминирующие процессы в ходе хозяйственного освоения.

Оценка степени техногенной трансформации ландшафта как отношение площади нарушений к общей площади территории детально рассмотрена в работе А. П. Камышева (1999). Им предложена формула расчета степени нарушенности (K_n):

$$K_n = F_n / F_l,$$

где: F_n — площадь нарушенной территории,

F_l — общая площадь территории.

При этом оценка проводится *поэлементно*: для каждого типа ландшафта, для каждого вида нарушений в пределах типа ландшафта, затем суммарно для каждого вида нарушений в пределах всей территории, суммарно для всей территории по всем типам нарушений. Данная методика, по нашему мнению, не отражает специфику воздействий на разных уровнях ландшафтных категорий, поскольку не уточняется, как определять общую площадь различных типов ландшафтов — для фаций, урочищ и типов местности. Фактически путем механического суммирования площадей ПТК их ранг увеличивается, и если количество типов местности на месторождении редко превышает 10, то видов урочищ на много больше. Поэтому расчет воздействия для каждого типичного урочища станет трудоемкой задачей, а его результат не отразит общей специфики и величины нарушений. По причине механического дробления на виды воздействия и типы ландшафтов происходит дробление показателя K_n , и предложенная классификация будет пригодной лишь для получения общих данных, без учета средневзвешенной относительно ландшафтного разнообразия и степени воздействия. С учетом природных и технологических особенностей каждой территории распределение градаций должно отличаться, и если для отдельных участков месторождений нарушенность может достигать 80-90%, то для месторождения в целом этот показатель значительно ниже.

Для устранения указанных недостатков нами предложена *новая методика* определения степени техногенной нарушенности территории, учитывающая воздействие на разных ландшафтных уровнях и в процессе разработки месторождений отражающая моменты перехода показателей нарушений на более высокие уровни. При определении степени нарушенности территории за исходный принимается уровень урочищ, поскольку уже начиная с этапа разведки, хозяйственная деятельность на месторождении выходит за пределы площади даже самой крупной фации.

Оценка степени техногенной нарушенности осуществляется в три этапа. На *первом этапе* исследования на основе учета количества естественных выделов производится оценка ландшафтного разнообразия. Для этого нами рассчитывается *удельный ландшафтный коэффициент (УЛК)*. Порядок выполнения расчетов следующий:

1) определяется общее количество контуров урочищ в пределах месторождения вне зависимости от идентичности (сходства) их характеристик;

2) определяется площадь среднего урочища;

3) вычисляется УЛК путем отношения площади среднего урочища к общей площади месторождения (УЛК равен также обратному числу количества контуров):

$$УЛК = S_{ср.ур} / S_{мест.} = 1/N,$$

где $S_{ср.ур}$ — площадь среднего урочища,

$S_{мест.}$ — площадь месторождения,

N — количество контуров урочищ в пределах данного месторождения.

Подобный расчет, основанный на базовой ландшафтной карте, может быть применен и для выявления площади среднего типа местности, с тем чтобы уточнить его соотношение с площадью среднего урочища и площадью нарушений. На основе двух усредненных показателей в дальнейшем будет проводиться оценка нарушенности.

Второй этап включает определение различных видов площадных нарушений на различных этапах освоения.

Этап разведки. К основным учитываемым видам нарушений относятся площадки разведочных скважин, трассы перетаскивания буровых установок (включая зимники) и сейсмопрофили. Схема расположения разведочных скважин соотносится с космическим снимком, и на его основе определяется площадь нарушений. Протяженность сейсмопрофилей рассчитывается либо по схемам, либо непосредственно по снимку, при этом ширина просеки принимается равной 4 м. Площадь зимников и трасс перетаскивания определяется путем дешифрования данных ДЗЗ. При расчете нагрузки на месторождение идет учет нарушений, выходящих за его границы. Это объясняется особенностью поисковых работ, которые, затрагивая первоначально значительные территории, постепенно локализуются.

Этап строительства. Виды нарушений включают строительные работы по обустройству месторождений (строительство кустов, прокладку дорог и коммуникаций и др.), проведение рубок и разработка песчаных карьеров. Площади воздействия на этапе строительства определяются в соответствии с нормативными документами отводов земли (СНиП, СН, ГОСТ и др.) на основе схем обустройства месторождений. Площади рубок леса, сухоройных карьеров и гидронамывов песка, появляющихся на этапе строительства, определяются путем дешифрирования актуальных дистанционных данных.

Этап добычи. Производится учет всех площадных нарушений на основе дешифрирования ДДЗ. При этом в общей сумме не учитываются участки, нарушенные на этапе разведки и в дальнейшем не использовавшиеся. Особенностью этапа является появление такого вида воздействия, как нефтесолевое загрязнение.

На *третьем этапе* производится расчет коэффициента *удельной техногенной нарушенности ландшафта (УТН)* по формуле:

$$УТН = УЛК * S_n * 100 / S_{ср.ур'}$$

где S_n — площадь техногенного нарушения,

$S_{ср.ур}$ — площадь среднего урочища.

В качестве S_n можно принимать как общую площадь нарушений, так и площадь по отдельным видам воздействия. Особенность формулы в том, что ее можно упростить и рассчитать как отношение общей площади нарушений к площади месторождения, но в таком случае пропадает качественное содержание и результат, кроме общей нагрузки, ничего не покажет. Однако применительно к разноранговым ландшафтным единицам можно не только точно выявить интенсивность воздействия (т. е. нагрузку) каждого из видов промышленной деятельности на различные типы ландшафтов (количественные характеристики), но и зафиксировать момент перехода степени воздействия на более высокий уровень в соответствии с иерархией ландшафтов (качественные характеристики). Градация показателей воздействия, полученных на основе изучения разнотипных месторождений, будет отличаться от предложенной А. П. Камышевым (1999) и станет более применимой к изучаемой территории.

Количественная оценка площади нарушенных территорий была проведена нами на 9 месторождениях, расположенных в трех таежных подзонах, отличающихся степенью освоенности и размерами.

При расчетах по Самотлорскому месторождению ввиду его больших размеров была выбрана типичная площадка, размером 10 на 10 км. Данные по нефтяному и солевому загрязнению ХМАО-Югры были получены по материалам космической съемки 2000-2002 гг. Результаты расчетов по наиболее показательным месторождениям представлены в таблице 41 и на рисунке 19.

Таблица 41

**Площадь нарушенных территорий
по этапам освоения некоторых месторождений, га**

Месторождение	Разведка		Строительство		Добыча		S ₁	S ₂
	площадь	УТН	площадь	УТН	площадь	УТН		
Самотлорское*	—	—	1112,3	11,0	2197,9	21,7 ¹⁾	232,6	1112,8
Среднебалькское	54,9	0,8	931,6	14,0	256,9	3,9 ²⁾	33,2	1161,6
Комсомольское	135,7	1,2	748,6	6,8	1311,9	11,9 ³⁾	70,7	1839,0

Примечание: «—» — нет данных; S₁ — площадь среднего урочища;
S₂ — площадь среднего типа местности;
* — модельный участок 100 км².

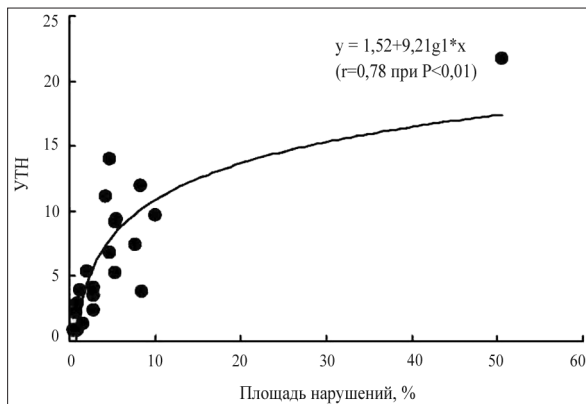


Рис. 19. Зависимость площади трансформации территорий месторождений от УТН ландшафта

Анализ причин изменения процентного соотношения нарушенных территорий при переходе от строительного этапа к добыче (табл. 41) показал, что может происходить как увеличение доли нарушенных площадей вследствие нефтяного загрязнения и вырубок (Са-

мотлорское месторождение), дефляции и нерегламентированного нарушениями почвенного покрова в сочетании с низкой восстановительной способностью экосистем (Комсомольское месторождение), так и снижение ее на этапе добычи вследствие успешных восстановительных процессов (Среднебалыкское месторождение).

Логарифмическая кривая корреляционной зависимости показателя УТН от увеличения площади нарушений свидетельствует о снижении значимости площадных нарушений как фактора воздействия. То есть, шкала оценки имеет нелинейный характер: с ростом общей освоенности максимальное воздействие будет определяться новыми факторами (преимущественно, химическим загрязнением природных сред). Одним из вариантов оценочной шкалы техногенной нарушенности для таежных месторождений может служить следующее распределение:

- 0-5% — незначительное воздействие,
- 5-12% — среднее воздействие,
- 12% и более — значительное воздействие.

Анализ графика (рис. 19) показывает, что величиной перехода воздействия с локального на региональный ландшафтный уровень является значение УТН более 12%, при этом, как правило, общая площадь нарушений соответствует средневзвешенной площади типа местности. Это значение может рассматриваться как подтверждение известного в экологии правила «11 процентов»: любая сложная система в среднем выносит без нарушения функций изъятие не более 11% ее составляющих (Реймерс, Яблоков, 1982).

Уровни техногенного воздействия на различных этапах освоения нефтегазовых месторождений в Западной Сибири характеризуются следующим образом:

- на этапе разведки воздействия характеризуются локальным уровнем, не превышающим размеров среднего урочища;
- на этапе строительства происходит значительный рост площадей трансформированных территорий, достигающих размеров среднего типа местности, что свидетельствует о региональном уровне воздействий;
- на этапе эксплуатации основным фактором увеличения нарушенных площадей является нефтесолевое загрязнение, которое за счет трансграничных переносов приобретает глобальный характер.

Причины увеличения техногенного воздействия на этапе добычи имеют региональные особенности: для средне- и южнотаежных месторождений, находящихся в длительной разработке, увеличение УТН вызывается нефтесолевым загрязнением на болотных ландшафтах, а на лесных — горячими, вырубками и подтоплением. Для месторождений северной тайги максимальные площади нарушений обусловлены слабой восстановительной способностью растительности в сочетании с высокой активностью эрозионных (дефляционных) процессов. Яркий пример развития природно-антропогенной дефляции — проявления ветровой эрозии с образованием специфических эоловых форм рельефа в виде песчаных раздувов на легких песчаных почвах в районах пос. Покачи и Радужный, на Суторминском, Комсомольском, Пурпейском, Барсуковском и других месторождениях.

Наши многолетние исследования развития эоловых процессов на Суторминском месторождении, включающие сопоставление разновременных космических снимков, топографических карт крупных масштабов, результатов полевых геодезических измерений, показали положительную динамику роста песчаных обнажений как для всего месторождения, так и для конкретного раздува (рис. 20) (Соромотин, 2006 б). При этом в естественных условиях вне пределов освоенных территорий песчаные котловины относительно устойчивы и имеют тенденцию к возобновлению растительного покрова (Соромотин и др., 2005). Эта закономерность замечена ранее С. В. Васильевым (2000).

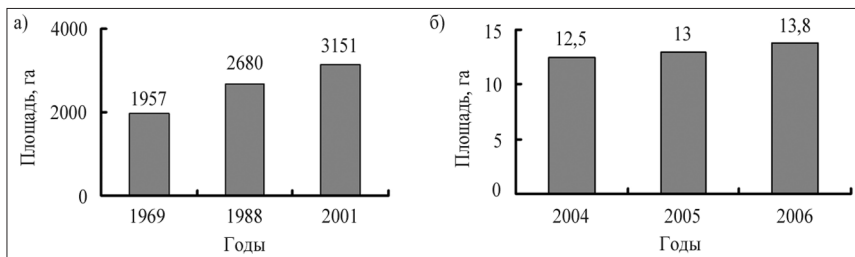


Рис. 20. Динамика роста песчаных обнажений на Суторминском месторождении
а) — месторождение в целом, б) — отдельный раздув

Стремительное увеличение площади открытых песков за 30 лет связано с хозяйственным освоением территории, максимум которого пришелся на конец 1980-х гг. Многообразие антропогенного воздей-

ствия на рассматриваемую территорию можно представить *тремя классами форм* (Козин, 1980):

- линейно-транспортные (насыпи автодорог, трубопроводов, траншей, придорожные выемки, кюветы и др.);
- карьерные (сухоройные карьеры и карьеры гидроэкскавации);
- нефтегазопромысловые (ямы, земляные амбары, промышленные площадки, насыпи кустовых оснований и др.).

При соответствующих литологических и геоботанических условиях песчаные обнажения формируются даже при слабых техногенных нагрузках. Эоловые формы рельефа появляются в районах, где раньше не отмечались. Незакрепленные растительностью песчаные обнажения антропогенного генезиса, расположенные в пределах участков с хорошим дренажом и пониженным уровнем грунтовых вод, способны сохраняться в течение длительного времени. Такие участки выступают как ядра активизации ветровой эрозии. Хозяйственная деятельность является основной причиной нарушения почвенно-растительного покрова и активизации процессов дефляции. Рост котловин происходит в направлении преобладающих ветров посредством отдельных конусов выноса песка при нарушении их целостности.

Степень освоенности месторождений напрямую влияет на суммарную площадь песчаных обнажений, поскольку восстановление растительности происходит довольно медленно. Кроме того, ситуация осложняется нерегламентированными видами воздействия (бесконтрольный проезд транспорта, организация самовольных разработок песка), что приобретает большое значение именно в период эксплуатации месторождения, когда основные строительные работы завершены.

При отсутствии или недостаточности работ по рекультивации происходит увеличение площади нарушенных территорий, что приводит, как показали исследования, к активизации процессов дефляции под воздействием антропогенных факторов. Общая площадь нарушенных земель в ЯНАО к 2004 г. составила 112,6 тыс. га, при объеме рекультивации в 2003 г. всего 5,7 тыс. га (Экологическое..., 2004). Процессы обезлесивания и опустынивания имеют положительный тренд, приобретая статус одной из главных экологических проблем в условиях северной тайги.

Таким образом, одним из наиболее простых и удобных методов определения степени техногенного воздействия может стать оценка площади техногенной нарушенности территории с учетом ландшафтного разнообразия и этапа освоения месторождения. При этом оценочная шкала должна уточняться для каждой природной зоны и для каждого вида хозяйственной деятельности. Проведенная оценка процессов трансформации ландшафтов и в первую очередь почвенного покрова при нефтедобыче в таежной зоне Западной Сибири выявила региональные особенности: для южной и средней тайги максимальное механическое воздействие на почвенный покров отмечается при строительстве объектов нефтедобычи (после чего преобладает восстановительный процесс), а для северотаежных — на этапе добычи при активизации природно-антропогенных дефляционных процессов.

Техногенное воздействие на каждом из этапов нефтедобычи затрагивает природные единицы разных иерархических уровней. Воздействие на разведочном этапе носит локальный характер, соответствующий усредненным размерам урочищ в пределах месторождений. Критерием перехода с локального уровня на региональный на этапе строительства является показатель механической трансформации территории месторождений, сопоставимый по величине средневзвешенной площади типа местности. Главным критерием достижения глобального уровня воздействия нефтедобычи на окружающую природную среду является трансграничный перенос нефтяного загрязнения крупными реками региона, загрязнение которых происходит путем выноса нефти поверхностным стоком с замазученных участков водосборов малых и средних рек в пределах эксплуатируемых месторождений.

§ 6. ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЗОНЫ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА

Вся история развития человеческой цивилизации связана с использованием недр Земли для удовлетворения самых разнообразных потребностей. Сюда относятся добыча полезных ископаемых, строительство инженерных сооружений, захоронение промыш-

ленных и бытовых отходов и пр. Особенно активное воздействие на геологическую среду оказывается при извлечении минеральных и энергетических ресурсов. В связи с этим, изучение геологического строения конкретных территорий требуется не только для решения прикладных задач разведки месторождений полезных ископаемых, но и для предотвращения разнообразных отрицательных последствий для в ОПС, в том числе и для жизни самого человека.

Изучением закономерностей взаимодействия литосферы и биосферы с учетом техногенного фактора для обоснования рационального использования и охраны окружающей среды как среды обитания живых организмов и человека занимается новая отрасль геологии — *экогеология*. Объектами экогеологических исследований являются компоненты геологической среды и природно-техногенные системы, изменяющиеся под влиянием деятельности человека и природных факторов и в свою очередь активно влияющие на развитие человеческого общества и состояние любых экосистем (Экогеология России, 2000). Главная отличительная черта объектов экологической геологии при оценке состояния эксплуатируемых земных недр — объемный характер внешнего воздействия на окружающую среду с активным нарушением всех сфер Земли, включая антропосферу — сферу интересов человека (Трубецкой и др., 2003).

Одним из фундаментальных понятий экогеологии является понятие «*экологические функции литосферы*». Согласно В. Т. Трофимову с соавторами (2000), это функции, отображающие роль и значение литосферы, включая подземные воды, полезные ископаемые, геофизические поля и протекающие в ней природные и антропогенные геологические процессы, в жизнеобеспечении и эволюции биоты и человеческого общества. Экологические функции литосферы в отношении биоты, человеческого общества и ресурсов геологического пространства могут быть подразделены на *ресурсную*, *геодинамическую* (катастрофические и неблагоприятные геологические процессы), *геохимическую* и *геофизическую* (природные и техногенные поля).

В последнее время при разработке проектов обустройства месторождений углеводородного сырья и магистралей транспорта нефти и газа к местам переработки важнейшее значение приобретают вопросы влияния геологической среды на общую экологическую ситуацию в зоне техногенного освоения конкретных территорий. Без учета результатов эколого-геологических исследований вся система оценки

состояния ОПС и техногенного воздействия на нее, а также проектирование природоохранных мероприятий и мониторинга окружающей среды заведомо содержат погрешности, существенно усугубляющие негативные экологические последствия освоения минеральных ресурсов. Более того, все большее значение приобретают вопросы взаимодействия техногенно измененных недр (как источника опасных экологических явлений) и первичной литосферы (Сабянин, 2005).

По мнению А. А. Оборина с соавторами (1990, 2008), многолетняя интенсивная эксплуатация нефтяных месторождений влияет на природные условия неотектонического строения приповерхностных горизонтов литосферы, что может привести к приповерхностным нефтепроявлениям за счет природно-техногенных процессов. При этом главной причиной нефтепроявлений на промыслах в виде миграции из глубоких горизонтов является не природный, а техногенный фактор, инициирующий начало процесса. Это наглядно показано на примере Полазненского нефтепромысла в Пермском крае. Как показали исследования причин нефтяного загрязнения Камского водохранилища на Полазненском нефтепромысле в Пермском Предуралье, помимо поверхностного, существует и подземный источник загрязнения. Поступление нефти и пластовых высокоминерализованных вод непосредственно из недр происходит за счет прямой фильтрации по зонам неотектонической трещиноватости вследствие поддержания высокого внутрипластового давления путем закачки жидкостей.

Интенсивная нефтедобыча и применение различных методов воздействия на продуктивные горизонты для повышения нефтеотдачи активизируют современные зоны тектонической активности. Вследствие длительной добычи жидких полезных ископаемых и закачки вод провоцируются слабые землетрясения. Так, в Татарии установлена зависимость между интенсивной разработкой нефтяных месторождений и активизацией слабых землетрясений. Депрессии, возникающие при разработке нефтяных залежей с поддержанием пластового давления путем заводнения, приводят к вертикальным перетокам флюидов и загрязнению пресных вод верхних горизонтов. Перетоки происходят из эксплуатационных и ликвидированных скважин из-за их негерметичности и по трещинным зонам (Быков, 2000. См.: Оборин и др., 2008).

На основе собственных наблюдений, а также с использованием опубликованных данных нами была предпринята попытка на при-

мере северо-восточной части Западной Сибири выявить особенности функционирования литосферы для разработки и обоснования оптимального комплекса экологических мероприятий, необходимых при проведении поиска, разведки и разработки месторождений углеводородного сырья.

Экогеологическая оценка последствий освоения нефтегазовых месторождений проведена нами для района Пур-Тазовского междуречья, а также территории, расположенной между долиной реки Таз и Нижнеенисейской возвышенностью в Красноярском крае. Здесь был открыт ряд достаточно крупных месторождений нефти, планируется их разработка. В отличие от Надым-Пуровского междуречья, главного нефтегазодобывающего района ЯНАО, основное техногенное воздействие на окружающую среду в рассматриваемом районе будет связано с геологоразведочными работами, поэтому выдвигаемые здесь положения основаны на собственном опыте, могут быть учтены при разведке и последующей разработке углеводородных залежей.

Доминирующее значение как по значимости для биоты, так и по многообразию форм проявления имеет ресурсная экологическая функция литосферы. Из составляющих ресурсов литосферы, необходимых для жизни биоты и человека как биологического вида, выделяемых В. Т. Трофимовым и Д. Г. Зилингом, присутствуют биогенные элементы горных пород, кудюриты и подземные воды (Трофимов, Зилинг, 2003).

Как известно, химические элементы, находящиеся в растворенном виде и используемые биотой, находятся в породах верхнего яруса, в 5–10 м от дневной поверхности, и в данном районе представлены аллювиальными отложениями в поймах, а также в первой, второй и третьей надпойменных террасах. Это пески, супеси, суглинки, торф и ил. Общая мощность рельефообразующих четвертичных образований с учетом аллювиальных отложений достигает 90 м. Они залегают на эродированной поверхности палеогеновых пород (Астапов и др., 2000).

В алевроитовых и песчаных пластах четвертичных отложений происходит активная миграция биофильных элементов. Целенаправленное изучение геохимии этих отложений не проводилось, но, как показывает опыт, общие биогеохимические особенности тундровых экосистем проявляются здесь во всем своем многообразии.

Минеральные биогенные комплексы (кюдюриты) в чистом виде не выделяются, но на два аспекта их проявления следует обратить внимание. *Во-первых*, это наличие микроорганизмов в водоносных пластах кайнозойско-мезозойских отложений, что доказано многочисленными исследованиями в нефтедобывающих районах Западной Сибири. С позиций термодинамической неравновесности системы «пластовые воды — алюмосиликаты водовмещающих пород», установленной С. Л. Шварцевым, минералы, постоянно разлагаясь, служат источником углерода и прочих биофильных элементов для пластовой микрофауны (Шварцев, 1997). *Во-вторых*, это возможности использования природных кремнистых пород в качестве кормовой добавки домашним животным. В толще палеогеновых отложений они выделяются в виде опок серовской свиты, а также в виде диатомитов, трепелов, диатомовых и опоковидных глин ирбитской свиты. Эти породы на высокоамплитудных поднятиях залегают непосредственно под четвертичными отложениями на глубине 30-120 м (Бочкарев и др., 2000).

Подземные воды, пригодные для использования в хозяйственно-питьевых целях, выделяются в пределах двух крупных бассейнов стока — Нижнеенисейском и Тазовском, который подразделяется на собственно Тазовский и Пуровский, а те, в свою очередь, на бассейны притоков. В разрезе олигоцен-четвертичного гидрогеологического комплекса в них выделяются надмерзлотные, межмерзлотные и подмерзлотные воды (Гидрогеология СССР, 1970). Надмерзлотные и подмерзлотные воды как источник хозяйственно-питьевого водоснабжения практически не используются. Подземные воды межмерзлотных таликов являются наиболее надежным источником водообеспечения, но перед подачей воды потребителю для улучшения их качества требуется специальная подготовка — удаление избыточного железа, марганца, а в отдельных случаях и добавка фторсодержащих элементов. Межмерзлотный талик в отложениях олигоцена имеет мощность от 40 м до 70 м, удельный дебит скважин от 0,2 до 2,5 л/с. Воды пресные гидрокарбонатно-натриевые, минерализация не превышает 0,5 мг/л. Водоносный горизонт залегает в интервале 50-140 м. Грунтовые воды территории района не защищены от загрязнения.

Минеральные ресурсы в пределах изучаемого района представлены углеводородными месторождениями, залежами торфа, строительного песка, минеральными водами, сапропелями озер и кирпично-керамзитовыми глинами (Атлас Тюменской области, 1971).

Все газовые залежи, выявленные в пределах мощного (до 2000 м) мелового (неоком-сеноманского) комплекса, залегают в его верхней части — в песчаных отложениях сеномана на глубине от 400 до 1200 м непосредственно под региональной турон-палеогеновой глинистой покрывкой. Они приурочены к сводовым частям значительных по размерам (от 500 до 4 000 км²) высокоамплитудных (100–200 м и более) локальных поднятий. По составу газы метановые (99%), содержание гомологов метана, представленных этаном, пропаном и бутаном, варьирует от следов до 0,3%. В газах обнаружены следы конденсата (до 0,05 г/м³). На Русском, Тазовском, Северо-Комсомольском и Ван-Еганском месторождениях установлены нефтяные оторочки. Нефть тяжелая (0,921–0,965 г/см³), высоковязкая, нафтенного состава, бензиновые фракции практически отсутствуют, содержание серы от 0,13 до 1,54% (Немченко и др., 1999). Залежи месторождений легкой нефти приурочены к неокомским, берриас-валанжинским и верхнеюрским комплексам и составляют несколько этажей нефтеносности.

Строительный песок, используемый при обустройстве месторождений нефти и газа, добывается карьерным способом на участках, выявленных при инженерно-геологических работах. Торф применяется при технической рекультивации производственных площадок. Добыча торфа ведется выборочно и весьма ограниченно. Месторождения глин и сапропели практически не используются.

Гидроминеральные ресурсы выделяют в водоносных пластах пурской свиты и ее аналогов (сеноман). В настоящее время и в перспективе сеноманские воды могут применяться в качестве минеральных термальных лечебных вод со специфическими компонентами, термальных вод для поддержания давления в нефтяных пластах. Использование минеральных вод неокомских и юрских отложений в пределах изучаемого района ограничено относительно низкой водообильностью водовмещающих пород. Проницаемые пласты апт-альб-сеноманских отложений используются для утилизации производственных сточных вод. Гидрогеологические условия этих отложений в пределах рассматриваемого района всецело соответствуют условиям участков закачки. Мощный водоупор палеоген-меловых глинистых отложений надежно изолирует пресные подземные воды четвертичных отложений от соленых сеноманских и закачиваемых сточных вод. Гидродинамические параметры пластов обеспечивают

необходимую приемистость нагнетательных скважин (Матусевич и др., 2005).

Геодинамическая экологическая функция литосферы проявляется как способность природных и антропогенных геологических процессов влиять на состояние биоты. Техногенные факторы могут вызывать эрозию почв, заболачивание, развитие термокарста, пучение грунтов, морозобойное растрескивание поверхности и формирование полигональных форм рельефа, а техногенез провоцирует солифлюкцию и суффозию. Для северных районов Западной Сибири особое значение приобретают криогенные процессы. Помимо названных проявлений криолитогенеза многолетнемерзлых пород (ММП) на талых участках появляются новообразования. Причина этого, по мнению многих исследователей — глобальное потепление климата, что проявляется через увеличение глубины сезонного протаивания грунтов. Повышение температуры и сокращение площади ММП, по эмпирическим данным метеостанций Западной Сибири, свидетельствуют, что за последние 30–35 лет температура воздуха и грунтов здесь возросла на 0,03–0,08°C в год. При сохранении такой тенденции к 2050 г. температура воздуха может возрасти на 1,5–2°C. В этом случае южная граница сплошных мерзлых пород сместится к северу на 150–200 км (Максимов, 2003). Деградация ММП активизирует деятельность поверхностных, а частично и грунтовых вод, что выражается в заболачивании местности и накоплении болотных отложений, а также в развитии эрозии. Всему этому способствуют особенности равнинного рельефа с покровом из суглинистых отложений.

Участки проявления эрозионных процессов в пределах рассматриваемой территории локализованы в прирусловых частях и на крутых склонах долин рек и ручьев. Боковая эрозия приурочена к руслам рек. Интенсивность горизонтальных деформаций русла носит ярко выраженный сезонный характер и зависит от водности года. Процессы боковой эрозии в естественных условиях сопровождаются активизацией оползней и осыпей, формированием промоин и оврагов, делювиального смыва и т. п. Процесс формирования промоин интенсивен только в период поверхностного стока. Промоины активны, по ним выносятся песчаный материал, а в период снеготаяния или ливней в них возможно формирование временных водотоков, активизирующих другие экзогенные процессы (суффозию, делюви-

альный смыв). Плоскостной смыв имеет локальное распространение и отмечен преимущественно на открытых участках с техногенным нарушением дерново-растительного покрова. На локальных участках с песчаными грунтами в естественных условиях часто наблюдаются эоловые процессы, приводящие к раздувам и передвижению песков.

Влияние геодинамических неоднородностей геологической среды на экосистемы проявляется в потенциальном экологическом риске при функционировании техногенных объектов повышенной опасности: нефтегазовых скважин и трубопроводов. Более 75% аварий на скважинах и трубопроводах происходит на участках с локальными аномальными движениями земной поверхности, которые связаны со структурно-тектоническими элементами геологической среды.

Большинство структур осадочного чехла района исследований образовано в результате пликативных дислокаций. Часть из них осложнена дизъюнктивами. Амплитуда наиболее крупных структур, сводов и мегавалов от 300 до 800 м. Структуры всех размеров, в основном, сквозные, но постепенно выполаживаются вверх по разрезу. Выявлены «навешенные» структуры, связанные своим происхождением, по-видимому, с глинистым диапиризмом.

Дизъюнктивные нарушения широко развиты в палеозойском складчатом фундаменте и триасовом промежуточном чехле. Многие из них затухают в юрских и нижнемеловых горизонтах, но некоторые секут весь осадочный чехол. В результате сейсморазведочных работ получена картина проявления современной сдвиговой тектоники в осадочном чехле. Диагностическими признаками являются кулисообразно расположенные короткие тектонические швы, складки волочения, ограниченные в пределах относительно узких (сотни метров, первые километры) линейно вытянутых зон. Зафиксированы так называемые «бескорневые» разломы, для которых в верхних структурных этажах амплитуда вертикальных смещений больше, чем в нижних. Выявлена толща полигональной тектонической нарушенности, приуроченная к верхней части верхнемеловых отложений и палеогену, ограниченная сверху и снизу ненарушенными пластами. В этой толще наблюдается система малоамплитудных тектонических нарушений, ограничивающих блоки размером 200-600 м в поперечнике. Амплитуда смещений отдельных блоков по вертикали меняется от 0 до 15 м.

Геохимические природные неоднородности литосферы, влияющие на состояние биоты, в нашем случае подразделяются на *литохимические, гидрогеохимические, атмо-геохимические* и *биогеохимические*.

Литохимические аномалии (не включая почву и торф) целенаправленно не изучались. Только при проведении оценки состояния окружающей среды на лицензионных участках с выявленными месторождениями нефти и газа проводилось опробование грунтов и донных отложений с целью определения фона техногенного загрязнения среды. Между тем, исходя из относительного геологического сходства района работ и Надым-Пуровского междуречья, где ведется разработка углеводородных залежей (Бочкарев и др., 2000), следует отметить, что дизъюнктивные нарушения проявляют себя в повышенных содержаниях тяжелых металлов и углеводородов в грунтах. Подобные аномалии могут быть обнаружены и над углеводородными залежами.

В значительной степени вышесказанное относится и к подземным водам. Обеспечение водой объектов строительства и эксплуатации нефтепромыслов, ориентированное на подземные источники, может быть затруднено осложнениями, связанными не только с повышенной жесткостью воды и высоким содержанием в ней железа, но и с перенасыщенностью метаном. Это может привести к газовым пробкам в системе водопровода и водяного отопления, скоплению метана в бытовых помещениях и чревато образованием взрывоопасной метано-воздушной смеси. Примеры такого рода ситуаций известны для Нефтеюганского района Ханты-Мансийского АО-Югры, где водяные скважины были оборудованы на олигоценном водоносном горизонте, залегающем на глубине 100 м.

Эмиссия летучих компонентов формирует атмо-геохимические аномалии, оказывающие прямое воздействие на биоту. Наиболее изучены углеводородные аномалии, выделяемые над месторождениями нефти и газа (Бондарев и др., 2006). Эти аномалии фиксируются в снежном покрове региона, отражающем и загрязненность атмосферного воздуха, но между показателями загрязненности (пыль, сажа) и содержанием углеводородов в снежном покрове связь не установлена, что указывает на их глубинную природу.

Биогеохимические аномалии проявляются в повышенном содержании тяжелых металлов, натрия в растительности по сравнению с участками вне тектонических разломов и месторождений нефти и газа.

Малоизученным остается вопрос радоноопасности изучаемого района. В. И. Уткин (Уткин, 1997), обобщая данные исследований российских геофизиков, выделяет потенциально опасные по радону для населения нефтегазоносные районы Ямала и Надым-Пуровского междуречья. Учитывая наличие тектонических нарушений, главных каналов поступления глубинных газов, можно предположить, что такая опасность сохраняется и на нефтепромыслах Пур-Тазовского междуречья.

Техногенные геохимические аномалии, связанные главным образом с загрязнением окружающей среды нефтегазовым комплексом, фиксируются по заведомо известным показателям и пространственно локализуются у известных источников загрязнения. Очевидно, что геологические условия сказываются на формировании этих аномалий, но вопрос требует отдельного рассмотрения на примере конкретного технологического объекта, что выходит за рамки нашей работы.

При исследовании геофизической экологической функции объектом изучения являются природные и техногенные геофизические поля, их аномальные проявления, включая так называемые «геопатогенные зоны». В последние годы широкое распространение получило выделение геопатогенных зон биолокационным методом. В настоящее время предпринимаются попытки найти научное объяснение феномена геопатогенеза. Анализ публикаций по этой теме позволяет утверждать, что проявление геопатогенеза в увеличении заболеваемости людей, аварийности технологических объектов во многих случаях объясняется действием экологических функций геологической среды. Значительное число геопатогенных зон, выделяемых биолокационным методом, не находит отражения в результатах медицинских наблюдений и не сочетается с аномальным проявлением геологических, геохимических и геофизических особенностей изученных участков.

В экологическом отношении наиболее значимы современные гравитационное, температурное, геомагнитное, электрическое и радиационное поля.

В комплекс геологоразведочных работ входит детальная высокоточная гравиметрическая съемка. Ее проводят на участках, где по экологическим ограничениям не допускается выполнение сейсморазведочных работ. В результате интерпретации материалов гравиметрии с учетом результатов сейсморазведочных работ и поискового

бурения на прилегающих участках воссоздается геологическая модель исследуемой территории. При этом выделяются гравитационные аномалии положительного и отрицательного знаков, увязываемые с геологическими особенностями участков работ. На фоне общего планетарного поля силы тяжести гравитационные аномалии весьма незначительны по величине и их влияние на биоту опосредовано через геодинамическую экологическую функцию.

В большей степени фиксируется природная изменчивость геомагнитного поля, обусловленная геологическим строением района. По материалам аэромагнитной съемки выделяются площадные аномалии, пространственно совпадающие с гравитационными, и высококонтрастные линейные зоны, указывающие на глубинные разломы. Влияние природных геомагнитных аномалий на биоту трудно отделить от проявления геодинамической и геохимической экологических функций.

Наличие ММП в значительной степени ограничивает влияние глубинных тепловых потоков на биоту. В толще ММП температуры близки к температуре фазового перехода «вода — лед». Геотемпературный режим слоя сезонного протаивания в большей степени зависит от климатических факторов, а геотемпературные аномалии — от состава рельефообразующих отложений и гидрогеологических условий (Ермилов и др., 2003). В определенной степени с этими аномалиями может быть связан тип тундровой растительности, влияющий на формирование снежного покрова и его таяние.

Многообразие факторов определяет электрическую составляющую электромагнитного поля литосферы. Целый комплекс исследований (электроразведка, электрокаротаж, электромагнитное зондирование) электрического поля литосферы проводится в процессе геологоразведочных работ. Геоэлектрические аномалии отражают неоднородности геологического разреза и потоков подземных вод. Воздействие этого поля на биоту проявляется в геодинамической и геохимической экологических функциях геологической среды.

Естественное радиационное поле подвергается специальным исследованиям на лицензионных участках нефтедобывающих компаний при проведении оценки воздействия на окружающую среду и в рамках системы регионального мониторинга. Мы не располагаем сведениями о выделении на территории района исследований положительных радиационных аномалий с угрожающей для биоты

мощностью излучения. Однако даже если они есть, требует доказательства их геологическое происхождение. Нельзя исключать фактор трансграничного переноса радиоактивных веществ в атмосфере.

В приведенном обзоре экологических функций литосферы северо-востока Западной Сибири проявляется комплекс методов исследований для решения эколого-геологических задач (табл. 42). Этот комплекс предлагается нами с учетом сходных перечней методов, составленных В. Т. Трофимовым и Д. Г. Зилингом, а также И. И. Косиновой (Трофимов, Зилинг, 2003; Косинова, 2000).

Таблица 42

Методы изучения экологических функций литосферы

Методы	Экологические функции литосферы					
	ресурсная			геодинамическая	геохимическая	геофизическая
	минеральные ресурсы	биогенные элементы	геологическое пространство			
Инженерно-геологические	+++	++	+++	+++	+++	+
Инженерно-экологические	+	++	+	++	+++	++
Гидрогеологические	+++	—	+	++	++	—
Геохимические	+++	+++	++	+	+++	+
Геофизические	++	—	—	+	+	+++
Геокриологические	+	—	+++	+++	+	+
Аэрометоды	+	+	+	+++	+++	+++
Дистанционное зондирование	+++	—	++	+++	+	+++
Структурно-тектонические	+	—	+++	+++	—	—
Тектонофизические	+	—	+	+++	—	++
Геоморфологические	+	—	+++	+++	—	—
Ландшафтно-индикационные	++	+	++	+++	++	++
Геодезические	—	—	+++	+++	—	—
Почвенные	++	++	+	—	+++	—

Гидрологические	—	—	—	++	++	—
Радиационные	—	—	++	+	+	+++
Газогеохимические	+++	++	+	+	+++	+
Гидрогеохимические	+++	+	++	+	+++	+
Биогеохимические	+	+++	—	++	+++	—
Биологические (микробиологические)	+	+	+	+	+++	++
Экогеомониторинг	—	+++	+++	+++	+++	+++
Технологические	+++	-	+	—	++	++
Медико-статистические	—	+	—	++	++	++
Санитарно- эпидемиологические	—	—	++	—	—	—
Социологические	+	—	+	—	+	+
Экономические	+++	—	+++	+	+	—

Примечание: — практически не используются, + — используются, ++ — широко используются, +++ — очень широко используются и являются определяющими.

Из приведенного в таблице 42 перечня методов следует, что при их использовании в качестве фактографической основы в первую очередь необходимо максимально задействовать материалы как выполненных ранее, так и проектируемых геологоразведочных работ с учетом обязательных экогеологических исследований. Только тогда минимизируются затраты на выявление воздействия на окружающую среду и экологический мониторинг при освоении углеводородных залежей в регионе.

ГЛАВА 4

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕФТЕДОБЫЧИ НА БИОТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ТАЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ

§ 1. ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕФТЕДОБЫЧИ НА РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

Понятие «биота» объединяет всю исторически сложившуюся совокупность живых организмов в определенном пространстве среды. В состав биоты какой-либо территории часто входят виды, которые могут и не иметь экологических связей друг с другом (Биологический ..., 1986).

Вопросу воздействия нефтедобычи и нефтяного загрязнения на живые организмы посвящено большое число отечественных и зарубежных публикаций. Результаты основных региональных исследований изложены в следующих работах:

- *по позвоночным животным* — В. И. Азарова и Ю. П. Климова (1995); В. С. Балахонова и Н. А. Лобановой (1988), М. И. Брауде (1987); Л. Г. Вартапетова (2000, 2003), С. Н. Гашева (2000), В. А. Ефимова (2000), В. П. Новикова (1985), В. А. Юдкина с соавторами (1996), С. П. Пасхального (1988), И. В. Покровской (1988), Н. И. Петункина с соавторами (1990), В. Ф. Сосина (1988), Н. И. Чеснокова (1980), Е. Л. Шора (2003) и др.;

- *по ихтиофауне и гидробионтам* — Л. В. Михайловой (1978, 1991, 1993), Е. В. Лебедева (1988), В. М. Шишмарева (1988), В. Н. Боринского (1999), В. К. Попкова и др. (1999), А. И. Рузановой и Д. С. Воробьева (1999), А. К. Матковского и др. (2000), Г. Е. Рыбиной (2001), А. К. Матковского (2003), А. Ю. Филатова (2003) и др.;

- *по наземным беспозвоночным* — В. Л. Бабкиной (2001), Л. Е. Голосовой (1988), Н. М. Порядиной (1996), А. В. Соромотина (1991, 1995, 2000) и др.;

- *по трансформации лесных и болотных экосистем* — С. В. Васильева (1998, 2000), С. Л. Дожоруковой и Е. П. Янина

(2002), А. М. Вегерина и А. И. Захарова (1987, 1988), С. В. Залесова и др. (2000, 2002); А. И. Захарова и др., (1998), М. Н. Казанцева и др. (2002), Д. М. Марьинских (1999), А. А. Миронова, (1997), Б. А. Миронова (1988), Л. М. Морозова и Е. А. Затеева (2003), И. Л. Москвиной и др. (2006); С. В. Новикова и др. (1981); О. В. Полкошникова (1982), О. В. Полкошниковой и В. А. Сущени (1981), О. В. Ребростой и др. (1993), В. Н. Седыха (1996); А. М. Соромотина и др. (2005), А. А. Тишкова (1996), В. Н. Тюрина (2006), Д. М. Хомякова и П. М. Хомякова (1997), О. В. Хорошевой и др. (1990), А. Г. Хуршудова и Н. Я. Крупинина (1996), Б. Е. Чиждова (1995, 1998), Б. Е. Чиждова и др., (1998, 2000), А. Г. Чемякина (2007) и др.;

- *по почвенным водорослям* — М. Ф. Дороховой (1999) и др.;
- *по восстановлению растительных сообществ* — В. Н. Воробьева и др. (2000), А. А. Зубайдуллина (2000, 2003), М. Н. Казанцевой (1994); Л. М. Морозова и Е. А. Затеева (2003), Б. Е. Чиждова (1998); И. И. Шиловой (1977);

- *по ресурсам растительного сырья районов нефтедобычи* — С. Н. Гашева и др. (2002); В. А. Клочкова и др. (1997); В. Н. Пимина с соавторами, (2002), А. Ю. Солодовникова (2005, 2007) и др.;

- *по дистанционным методам анализа техногенных воздействий* — Ю. М. Полищук с соавторами (2005); Н. В. Соколовой и В. И. Сухих (1988), А. В. Соромотина (2002), В. И. Харука и др. (2003) и др.

Растительность — один из наиболее восприимчивых и легко разрушаемых биотических компонентов экосистем, и ее состояние может служить наиболее информативным показателем последствий как прямого, так и опосредованного техногенного воздействия. По мнению А. А. Тишкова (2005), газовая и нефтяная отрасли промышленности (наряду с цветной металлургией, угольной и торфяной отраслями) — «лидеры» среди отраслей, оказывающих негативное воздействие на растительный покров: газовая — на 76 тыс. га и нефтяная — на 72 тыс. га.

Воздействие на этапе разведки. Среди комплекса работ при нефтедобыче геологоразведка оказывает минимальное воздействие на всю ОПС, и в частности на растительность.

В условиях таежной зоны Западной Сибири максимальное воздействие на лесной фонд оказывается в результате рубок и захлам-

ления порубочными остатками как площадок и просек, так и прилегающих к ним участков. Это приводит к ухудшению санитарного состояния и повышению горимости лесов. Как показывают замеры зон воздействия, нормы отвода земель при сейсморазведке, как правило, не нарушаются (Захаров и др., 1998).

По мнению Б. Е. Чижова (1998), основной вред окружающей природной среде при проведении сейсморазведки наносится вырубкой просек в лесных массивах для протаскивания регистрационного оборудования и жилых вагончиков. Негативное экологическое воздействие в ходе работ проявляется в большей мере в нерациональном использовании древесных ресурсов, а в меньшей приводит к сокращению покрытых лесом площадей и захламлению территорий древесными остатками и стройматериалами. Если говорить о негативном воздействии всех объектов нефтегазового комплекса, то сейсмопрофили представляются как объекты минимального воздействия на природные комплексы. Трассы сейсмопрофилей представляют собой узкие коридоры-просеки в лесных массивах, которые прокладываются бензопилами вручную. Результаты замеров показали, что фактическая ширина просеки несущественно отличается от заданной (4 м) и соизмерима со средним расстоянием между деревьями. Колея просматривается у половины обследованных профилей, но имеет небольшую глубину — около 10 см. Количество поврежденных стволов опушечных деревьев составляет в среднем 2 дерева на 1 км профиля.

В связи с тем что бурение взрывных скважин и проведение непосредственно сейсморазведочных работ выполняется в зимний период, протаскивание сейсморазведочного оборудования и жилых вагончиков тракторным санным поездом практически не нарушает травяной и почвенный покров трасс. Причем переход на бурение взрывных скважин инструментом диаметром не более 105 мм и использование взрывных зарядов весом 0,5–2 кг снизили повреждение почвенного покрова и близстоящих деревьев до вполне допустимых размеров. Прорубка профилей в насаждениях с дренированными почвами не отражается на видовом составе травяно-кустарничкового яруса. Во влажных и сырых типах леса отмечено частичное замещение зеленых мхов и кустарничков сфагнумами и осоками. Лесовосстановление идет успешно, но с преобладанием на суглинистых по-

чвах лиственных пород. Если рассматривать негативное воздействие геофизических работ на лесные сообщества, то *основной ущерб наносят* нерациональное использование срубленной древесины и сокращение общего запаса спелых насаждений. В средневозрастных древостоях эта потеря к моменту рубки частично восстановится за счет дополнительного прироста опушенных деревьев (Чижов, 1998).

Рубка просеки по залесенным участкам не приводит к изменениям функционального назначения леса, так как вырубаются только деревья, а напочвенный покров под снегом не повреждается и пригоден для произрастания деревьев и другой растительности. Как показывает анализ производственных проектов, сейсморазведочные работы производятся, как правило, без изъятия земельных участков из состава лесного фонда. Древесные ресурсы подлежат изъятию только при прорубке трасс сейсмопрофилей. После окончания сейсморазведочных работ трассы иногда используются для иных хозяйственных целей. Так, на территории Аганского месторождения из 175 км профилей 18% являются квартальными просеками, 15% — временными (зимними) дорогами, 2% трансформированы во внутривидовые дороги, 0,6% — в линии электропередачи. Их хозяйственное использование может многократно увеличиться при совмещении сейсмопрофилей с квартальной сетью и наоборот (Чижов, 1998).

Наши наблюдения за процессами естественного зарастания сейсмологических просек в районе Салымской группы месторождений показали, что через 4–5 лет после вырубки появляется достаточное количество естественного подроста, особенно лиственных видов древесных растений (более 10 тыс. экземпляров на гектар).

При экспертной оценке воздействия сейсморобот на окружающую среду на примере Северо-Кальчинского месторождения было установлено, что объем вырубленной древесины на 1 га площади составляет не более 2% от общего запаса насаждений, или в 10 раз меньше, чем при первом проведении самых щадящих постепенных рубок, и в 3–5 раз меньше, чем при рубках ухода. Это ни в коей мере не повлияет на устойчивость оставляемой части насаждений. Воздействия на подпоголовую растительность проявляются в первую очередь в гибели крупного и среднего подроста, сохранность которого составляет в среднем 30% от исходного количества. При этом мелкий подрост сохраняется практически полностью. Потери

в численности подроста полностью компенсируются естественным возобновлением мягколиственных видов древесных растений за 5-7 лет (Самсоненко 2004).

Восстановление растительного покрова в местах проведения геологоразведочных работ идет весьма успешно. Результаты наших исследований по зарастанию площадок старых геологоразведочных скважин приведены в разделе 2.5. Показано, что процессы самовосстановления растительности в средне- и южнотаежных лесах идут быстрыми темпами. Изучая воздействие геологоразведочных работ на растительность темных хвойных лесов Верхоленья в районе Ковыктинского газоконденсатного месторождения, А. П. Сизых (2000) также установил, что последствия разведочных работ (скважины, дороги) носят локальный характер и процессы самовосстановления протекают относительно быстро. На вырубках 15-20-летней давности габитус хвойного молодняка выше, чем в рядом расположенных лесах, и, как правило, больше возобновления сосны и кедра. Для полного залесения буровых площадок требуется 20-30 лет (Сизых, 2000). Наблюдения в районе г. Мирный в Якутии показали, что геодезические просеки через 5-7 лет зарастали кустарниковой растительностью и древесным подростом настолько, что на аэрофотоснимках становились практически неразличимыми (Марахтанов, Хренов, 1984).

Таким образом, можно утверждать, что *негативное воздействие*, оказываемое на растительный покров на стадии разведочных работ, является *локальным* и по своему характеру аналогично обычным мероприятиям, широко применяемым в лесном хозяйстве: прорубке квартальных просек и технологических волоков при рубках ухода и рубках главного пользования. Самовосстановление идет успешно и дополнительных биорекультивационных мероприятий, как правило, не требуется.

Воздействие на этапе строительства. Как уже отмечалось, освоение нефтяных месторождений связано со строительством большого числа промышленных объектов самого различного назначения. Практически любое техногенное воздействие в этот период отражается на состоянии растительных сообществ как попадающих непосредственно на строительную площадку, так и находящихся поблизости от нее. Уже на *стадии подготовки к строительству* при бурении скважин, строительно-монтажных работах, прокладке инженерных коммуникаций, автодорог, бессистемном движении транс-

порта происходят нарушения почвенно-растительного покрова. При этом фитоценозы претерпевают трансформации различной степени и направленности. По нашим наблюдениям, *воздействие на растительные сообщества тайги* в период обустройства месторождений проявляется в *трех направлениях*:

- 1) прямое уничтожение коренных сообществ на земельном участке, отведенном под долгосрочную аренду для строительства нефтепромысловых объектов;

- 2) трансформация сообществ на территориях, прилегающих к объектам строительства и испытывающих косвенное влияние в результате изменения условий произрастания;

- 3) формирование вторичных сообществ естественного или антропогенного генезиса на землях, передаваемых в краткосрочную и долгосрочную аренду.

На этапе *строительства объектов* нефтедобычи происходит *наибольшее негативное воздействие* на таежную растительность, проявляющееся в уничтожении эдификаторов таежных экосистем — древесных растений. Гибель древостоя происходит вследствие *нескольких причин*:

1. *Расчистка площадок под строительство* объектов добычи и инфраструктуры сопровождается вырубкой значительных лесных массивов. Ранее приводились сведения о том, что, по официальным данным, на территории ХМАО-Югры ежегодно изымается около 0,1% земель лесного фонда (в 2005 г. — 37 549,8 га, или 0,08%, в том числе в лесах I группы — 100,8 га). В течение 2005 г. в агентстве лесного хозяйства по Ханты-Мансийскому автономному округу-Югре было зарегистрировано 988 документов, обосновывающих перевод участков лесного фонда из лесных земель в нелесные для использования их в целях, не связанных с ведением лесного хозяйства, и принято 607 актов (решений) о переводе. Основные виды работ на лесных землях обусловлены с обустройством месторождений нефти, строительством и реконструкцией трубопроводов, строительством высоковольтных линий электропередач, разработкой карьеров песка и торфа, строительством автомобильных дорог (<http://www.admhmao.ru/obsved/priroda/les.htm>).

Изучая нарушение природной среды при *строительстве промысловых дорог*, А. А. Миронов (1997) отмечает, что негативные последствия проявляются: 1) при необходимости осуществления

комплекса дорожно-строительных работ, предусмотренных проектом, который не учитывает полностью требований охраны окружающей среды; 2) при неправильных методах производства дорожно-строительных работ в результате несоблюдения проектных решений. В первом случае проекты нефтепромысловых дорог должны быть разработаны с учетом максимального сохранения естественных биогеоценозов и входящих в них компонентов: рельефа, почв, растительности и т. д. Одной из основных проблем при проложении дорог через лесные массивы является уборка деловой и неделовой древесины и порубочных остатков с полосы отвода. При разработке проектов нефтепромысловых дорог предполагается, что после окончания строительства лес должен быть вывезен, порубочные остатки убраны. Оставлять гниющую древесину вдоль дорог строго запрещается, так как в этих местах скапливаются различные вредители, заражающие здоровые деревья. Вследствие неправильных методов производства работ для ускорения строительства деревья зачастую не спиливают, а подрезают бульдозерами и, перемешивая с растительным грунтом, сталкивают за пределы дорожной полосы. Так, в придорожных полосах нефтепромысловых дорог и дорог общего пользования на севере Тюменской и Томской областей погибли миллионы кубометров древесины (Миронов, 1997).

Необходимо отметить еще один негативный фактор, проявление которого связано со строительством объектов нефтедобычи, — развитие дефляционных процессов. Наши многолетние исследования развития эоловых процессов на Суторминском месторождении показали положительную динамику роста песчаных обнажений как для всего месторождения, так и для конкретного раздува. Подробнее этот вопрос рассмотрен в разделе 3.5. Перевывание песков вызывает гибель не только травянистой и кустарничковой растительности, но и древостоя на значительных площадях, исчисляемых квадратными километрами.

2. *Пресечение просеками крупных лесных массивов* неизбежно приводит к образованию двух новых лесных опушек, нарушает экологические связи между ними. Увеличение освещенности изменяет видовой состав растительности вдоль дорог, в частности, вызывает рост кустарников (Миронов, 1997). По наблюдениям французских экологов (Donjon de Saint-Martin, 1996), в понижениях местности на просеках угнетаются до 80% деревьев, а на возвышенностях — до

30%. Устройство просек снижает продуктивность лесных экосистем, инициирует активный ветровал древостоя в кулисах и просеках, способствует при накоплении порубочных остатков на вырубках распространению болезней и вредителей леса (Романенко, 1999; Захаров и др., 1998). Б. Е. Чижов (1998) отмечает, что в ходе строительства полностью уничтожается древостой и живой надпочвенный покров, почвы перемешиваются на большую глубину. Техногенное воздействие не ограничивается полосой отвода, затрагивает и опушки леса. Особенно сильно разрушаются межтрассовые кулисы. Древостой в них разрушается в среднем на 44%, а минерализация почвы достигает 35% (Чижов, 1998). Таким образом, зона опосредованного воздействия рубки в лесном массиве может достигать десятков метров, при этом в приопушечной полосе значительно снижается продуктивность леса, повышается пожароопасность, возникают очаги стволовых насекомых-ксилофагов.

3. При строительстве производственных объектов, особенно линейных (насыпи автодорог) происходит нарушение направления поверхностного стока, проявляющееся в виде подпора скрытого потока грунтовых и перехвата поверхностного стока талых вод. Последствия изменения поверхностного стока особенно масштабно проявляются при строительстве нефтепромысловых дорог в заболоченной местности. Линейные сооружения, в том числе и дороги, в первую очередь вызывают изменения подвижных компонентов болотных экосистем — воздуха и воды и носят функционально-динамический характер (Дьяконов, 1977). В болотных биогеоценозах происходят трансформации вследствие двух взаимообусловленных причин: понижение привычного для естественного болотного фитоценоза уровня воды в болотной системе, превышающее пределы многолетних естественных амплитуд, и переобводнение, приводящее к повышению уровня грунтовых вод и формированию микроводоемов.

Перепады уровней болотных вод вдоль дорожных насыпей особенно заметны весной, что связано, *во-первых*, с притоком талых вод к земляному полотну и, *во-вторых*, с наличием в насыпи мерзлого ядра, особенно в районах распространения многолетней мерзлоты. Разница в уровнях достигает 100 см и более. Затем, в результате оттаивания насыпи и частичного перераспределения стока, перепад уровней уменьшается, но зона подтопления остается. Ее величина и степень обводнения болотных микроландшафтов зависят

от угла между линиями стекания болотных вод и направлением дороги. С увеличением угла зона подтопления и обводненность обычно увеличиваются (Миронов, 1997). Измерения разницы в уровнях поверхности воды, проведенные нами в районе оз. Белое на Сямотлорском месторождении (июнь 1992 г.), показали максимальный перепад в 120 см при прохождении дороги между кедровником долгомошным и верховым болотом. Б. Е. Чижов (1998) сообщает, что перепады уровня грунтовых вод на болотных ландшафтах достигают 50–70 см в весенний период и 10–15 см в межень. Скапливание поверхностных вод с образованием открытых водоемов приводит к гибели коренной растительности. Это явление имеет широкое распространение. Так, на Аганском и Ватинском месторождениях площади лесов, погибших от затопления, составляют почти 20% от земель, нарушенных за пределами промышленных объектов. Подтопление лесопокрываемых земель сопровождается постепенным (в течение 2–5 лет) отмиранием деревьев или ухудшением прироста древесины (Чижов, 1998). О гибели леса на подтопленных участках, даже незначительно обводненных (10–15 см) в течение одного года, сообщает А. А. Миронов (1997).

Исследования, проведенные С. В. Новиковым с соавторами (1981), показали, что при повышении уровня подтопления на 20–30 см в болотном биогеоценозе происходит постепенная смена растительного покрова. Например, при подтоплении сфагново-кустарниково-соснового микроландшафта через год появляется пушица, затем полностью усыхает древостой (сосна и др.). Обводненная придорожная полоса зарастает осокой и камышом. Обводненные клюквенники гибнут. При подтоплении грядово-мочажинных комплексов смена растительности происходит в такой *последовательности*: пушица — шейхцерия — осока топяная — очеретник. При сильном подтоплении грядово-озерковых комплексов из фитоценоза исчезают сосна, багульник, кассандра.

Обстоятельные исследования влияния строительства нефтепромысловых дорог на болотные биогеоценозы в районе Сямотлорского месторождения были проведены сотрудниками госцентра «Природа» МГУ им. М. В. Ломоносова под руководством О. В. Полкошниковой (Полкошникова, 1982; Полкошникова, Сущенко, 1981). Были установлены *три зоны влияния дороги*, проложенной через болото без обустройства водопропусков:

- первая — приконтактная зона прямого влияния. Здесь происходит коренная перестройка исходных сообществ: в условиях подтопления, затопления евтрофными водами формируются гомогенные контуры парагенетических группировок растений;

- вторая — зона косвенного влияния. Здесь антропогенные нарушения не ведут к коренной перестройке фитоценозов. В этой зоне в связи с изменением градиентов увлажнения и минерализации идет замедленное, постепенное исчезновение растений коренного фитоценоза и медленное внедрение новых видов;

- третья — зона коренных, ненарушенных фитоценозов, не затронутых прямым и косвенным воздействием линейных сооружений. Это зона скрытых сукцессий. Величину ее можно определить только косвенно, исходя из частных параметров природного ландшафта (Полкошников, Сущина, 1981).

Используя методологию О. В. Полкошниковой (1982), сотрудники кафедры геоботаники МГУ им М. В. Ломоносова провели подобные исследования в зоне верховых болот на бетонных и лежневых дорогах Сургутского района и получили сходные результаты (Хорошева и др., 1990).

Таким образом, независимо от вида фитоценозов их переобводнение приводит к массовой гибели леса, причем это относится не только к нефтепромыслам, но и к дорогам общего пользования и железным дорогам. Сухие участки болот по другую от подтопленной сторону насыпи отмечаются сравнительно редко. Для них характерны прекращение торфонакопления, разрушение торфяной поверхности, легкая возгораемость (Чижов, 1998).

4. *Присутствие в лесу большого количества людей, работа транспорта* (в том числе и авиации), *захламление порубочными остатками* периферийных участков строительных площадок приводит к повышению пожарной опасности и ухудшению санитарного состояния лесов (Миронов, 1997; Чижов, 1998). Еще большее значение этот фактор приобретает в период добычи нефти.

После полного уничтожения естественной флоры в результате минерализации почвы при создании техногенных насыпей, коридоров коммуникаций, разработке торфяных и сухоройных карьеров происходит появление вторичной растительности. Изучение сукцессионных преобразований на лишенных растительности участках

представляет особый интерес для разработки научно обоснованных методов рекультивации нарушенных земель.

Исследования флоры техногенных площадок в Усинском районе Республики Коми, проведенные Г. В. Железновой с соавторами (1996), показали, что во флоре сохраняются основные зональные черты, присущие синантропной флоре таежной зоны, и прежде всего бореальных видов. Ведущее положение при формировании вторичных естественных сообществ принадлежит семействам *Poaceae*, *Asteraceae* и *Cyperaceae*. Преобладание видов этих семейств при самозаращении техногенных участков отмечено в работах О. А. Дружининой и Е. Г. Мяло (1990), Б. И. Груздева и В. А. Мартыненко (1994). Процессы самозаращения и восстановления биоразнообразия на техногенных площадках с насыпным грунтом в условиях Усинского района идут медленно. На 3-й год при отсутствии повторного антропогенного воздействия проекция живого напочвенного покрова составляет около 32%. Наиболее активными видами-пионерами заселения техногенных площадок являются кипреи узколистый и болотный, трехребетник непахучий, хвощ полевой. Из деревьев и кустарников выделяются береза пушистая, ивы копьевидная и шерстистопобеговая (Железнова и др., 1996).

Масштабные исследования первичных сукцессий растительности на техногенных песчаных обнажениях на нефтепромыслах Среднего Приобья были проведены сотрудницей ИЭРиЖ УО РАН И. И. Шиловой (1977). В результате установлено, что естественное зарастание песков начинается в год их обнажения, идет по типу сингенетических сукцессий, завершается образованием сообществ зонального характера и складывается из *четырёх* последовательных стадий: 1) *первая стадия* наблюдается на протяжении 1-2-го года образования обнажений. Это стадия единичных растений-пионеров и экотопических группировок. Общее проективное покрытие субстрата до 1-5%. В качестве пионеров выступают водоросли, грибы, мхи, сосудистые споровые и покрытосеменные растения; 2) *вторая стадия* зарастания песков — формирование открытых фитоценозов. Наблюдается на 3-4-й год после обнажения песков. Общее проективное покрытие песка достигает 30%. Наиболее типичны фитоценозы с доминированием вейника наземного, кипрея узколистного и хвоща полевого; 3) *третья стадия* — формирование сомкнутых фитоценозов. Наблюдается на 5-8-й год после обнажения песков. Общее проективное

покрытие достигает 50%. Появляется ярусность — ярусы древесных, трав и кустарничков, мхов; 4) *четвертая стадия* — формирование замкнутых фитоценозов зонального типа. Наблюдается на 9-12-й год после образования песчаных обнажений. Общее проективное покрытие достигает 80-90%. Таковы фитоценозы с доминированием сосны обыкновенной или березы пушистой. Древесные растения, появляющиеся в качестве пионеров зарастания, становятся доминантами фитоценозов (Шилова, 1977).

Вместе с тем, наблюдения Е. Л. Гатиной за сукцессионными процессами во вторичных растительных ассоциациях на нефтепромыслах таежной зоны Пермского края показали, что на начальном этапе эксплуатации месторождения (в период строительства объекта, когда большую роль играют механические нарушения биогеоценотического покрова) синантропизация растительного покрова приводит к увеличению видового разнообразия (Гатина, 2010).

Воздействие на этапе добычи. На этом этапе продолжают подтопление земель, гибель растительности от песчаных заносов, антропогенные пожары. По сведениям А. И. Захарова (1998), несмотря на сравнительно невысокий класс пожарной опасности, леса ХМАО-Югры характеризуются высокой фактической горимостью. С началом нефтедобычи количество лесных пожаров в округе увеличилось более чем в 3 раза. Наибольшее число пожаров отмечается на эксплуатируемых месторождениях, в пятикилометровой полосе лесов вокруг населенных пунктов, мест массового отдыха людей, вдоль автомобильных дорог и рек. На месторождении наибольшая плотность пожаров отмечена в 500-метровой полосе лесов вокруг факела, газоперерабатывающего завода и дожимной насосной станции (Захаров, 1998). С учетом гарей величина техногенной нагрузки в зоне освоения может составлять 20% (Харук и др., 2003).

Наряду с унаследованными негативными факторами, этап добычи характеризуется и *новыми видами воздействий* на растительность. Среди наиболее распространенных причин гибели и деградации растительного покрова следует выделить *химическое загрязнение* и *термохимическое воздействие факелов*.

Воздействие нефтяного загрязнения на растения. Среди различных видов химического загрязнения наибольший вред приносит нефтяное загрязнение, имеющее следствием быстрое или постепенное отмирание растений и длительные сроки восстановления растительных сообществ.

Нами установлено, что начало усыхания отдельных деревьев основных хвойных видов начинается уже при слабой степени загрязнения (до 10% сухого веса). В случае сильной степени загрязнения (более 40%) погибает более половины жизнеспособного древостоя уже в 1-й год после разлива нефти, тогда как при слабой и средней степени загрязнения этот процесс может затягиваться на несколько лет. При загрязнении почвы нефтью у всех исследованных видов древесных растений наблюдается снижение жизнеспособности подроста в сравнении с контролем (*Pinus silvestris* L., *Picea obovata* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour., *Abies sibirica* Ledeb.). Нефтяное загрязнение вызывает уменьшение первичной продуктивности экосистем: при средней степени загрязнения величина текущего прироста по диаметру снижается на треть у всех хвойных, а величина текущего прироста в высоту у сосны сибирской *Pinus sibirica* устойчиво снижается при возрастании концентрации нефти в почве ($r = -0,50 \pm 0,20$ при $P < 0,05$). Во многом определяет судьбу лесного биоценоза состояние естественного возобновления основных видов древесных растений, характеризующееся количеством и долей жизнеспособного подроста. Процент жизнеспособного подроста по отношению к контролю у всех исследованных видов (*Pinus silvestris*, *Picea obovata*, *Pinus sibirica*, *Abies sibirica*) при увеличении загрязнения почвы нефтью снижается, а степень реакции подроста отдельных видов различна. Следует отметить, что сохранность подроста *Abies sibirica* во многом обеспечивается растениями, давшими прикорневую поросль, тогда как главный побег их либо погиб, либо находится в угнетенном состоянии. Нами отмечено, что чувствительность к нефтяному загрязнению у травянистых растений выше, чем у древесных: при уменьшении покрытия почвы живым напочвенным покровом на 50% сохранность подроста сосны сибирской снижается на 20% (См.: Гашева и др., 1990).

Уменьшение общей фитомассы травянистой растительности за год в 2,2 раза по сравнению с контролем, при сильном загрязнении нефтью отмечено М. Н. Казанцевой (1994). Одновременно из состава живого напочвенного покрова исчезают *Vaccinium myrtillus*, *Sphagnum nemoreum*, *Equisetum sylvaticum* и в 6,3 раза снижается доля *Vaccinium vitis-idaea* (Залесов и др., 2000).

Изучение деградационно-восстановительных процессов в переходных зонах нефтяных разливов показало (Соромотин, 2000), что общее проективное покрытие живого напочвенного покрова (ОПП

ЖНП) и видовое разнообразие травянистых растений зависят от концентрации нефти в верхней части минерального почвенного горизонта (A_1) и мощности чистого слоя лесной подстилки (рис. 21, 22). Коэффициенты корреляции ($P < 0,001$) между параметрами фитоценоза на свежем разливе нефти по трансекте от чистого участка к «пятну» следующие:

	Концентрация нефти в горизонте A_1	Доля чистого слоя лесной подстилки
ОПП ЖНП	$- 0,92 \pm 0,14$	$0,94 \pm 0,13$
Число видов	$- 0,96 \pm 0,10$	$0,93 \pm 0,13$

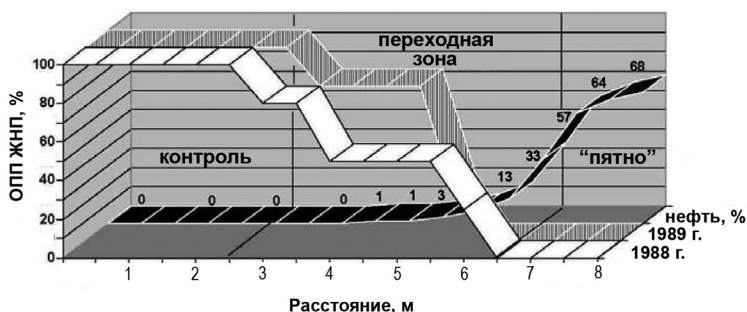


Рис. 21. Снижение общего проективного покрытия живым напочвенным покровом (ОПП ЖНП) на трансекте от чистого участка (контроль) через переходную зону на «пятно»



Рис. 22. Общий вид трансекты на разливе нефти при растекании в кедровнике долгомошном через 1 год после аварии

Реакция растений на нефть имеет видоспецифичный характер: лиственные породы древесных растений по сравнению с хвойными в целом более устойчивы к нефтяному загрязнению. Выделяются *три основные группы растений*, имеющих разную устойчивость к загрязнению нефтью: 1 — злаки, осоки, ситниковые; 2 — мхи; 3 — таежное разнотравье. С увеличением концентрации нефтепродуктов в почве доля первой группы в общей проекции живого напочвенного покрова увеличивается, второй — уменьшается, третьей — остается приблизительно постоянной (Гашева и др., 1990).

Восстановление растительности на нефтяных разливах идет очень медленно и зависит от исходного уровня загрязнения, лесорастительных условий и биологических особенностей растений. Результаты исследований А. А. Зубайдуллина (2000) также свидетельствуют об очень медленном темпе самовосстановления фитоценозов на нефтезагрязненных участках верховых болот и суходолов, которое растягивается на десятилетия. При этом начальные этапы сукцессий на нефтезагрязненных участках происходят с участием растительности, устойчивой к низкому содержанию свободного кислорода в почве (Зубайдуллин, 2000). Наиболее толерантны к нефтяному загрязнению гидрофильные растения, что определяет лучшую сохранность исходной растительности и ее более быстрое восстановление на заболоченных и околородных участках (Гашева и др., 1990; Лапшина, Блойтен, 1999).

Нефть оказывает негативное действие не только на вегетирующие растения, но и на процессы прорастания семян, рост и развитие проростков растений. Нами установлено, что нефть и нефтепродукты отрицательно влияют на прорастание семян и рост проростков сосны обыкновенной даже в концентрациях 1-2% (рис. 23) (См.: Гашев и др., 1991).

Резкое снижение этих показателей наблюдается до концентрации 5%. Сильное воздействие нефть оказывает на фенофазы проростков: концентрация нефти 7,5% предельна для выхода семядолей из семенной кожуры. Присутствие тяжелых фракций (газойль, $C_{10}-C_{25}$, температура кипения 300-400°C) практически не оказывает влияния на прорастание семян. Более легкие фракции (тяжелый газолин, C_9-C_{10} , 122-150°C; лигроин, $C_{10}-C_{12}$, 150-200°C; легкий керосин, $C_{12}-C_{14}$, 200-250°C) замедляют прорастание семян. Наибольшее отрицательное воздействие на рост проростков оказывают керосины ($C_{12}-C_{16}$, температура кипения 200-300°C).

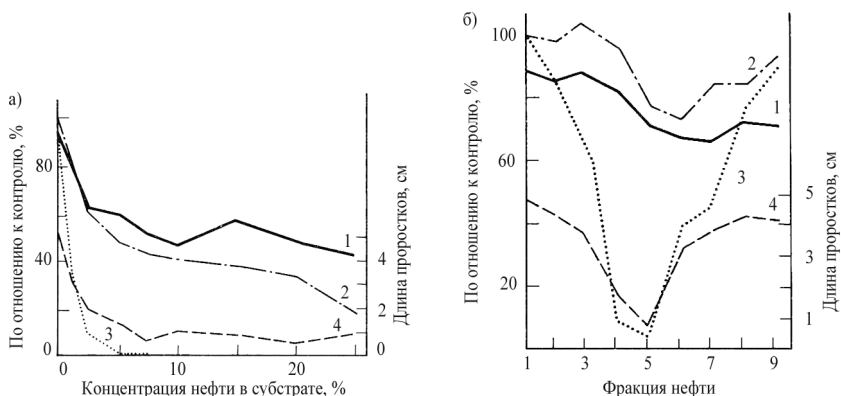


Рис. 23. Влияние различных концентраций (а) и фракций (б) сырой нефти на прорастание семян, рост и развитие проростков сосны обыкновенной: а) 1 — прорастание семян, % к общему числу проросших семян; 2 — общее число проросших семян, % к контролю; 3 — число проростков, достигших фазы выхода семядолей, % к контролю; 4 — длина проростков, см. б) фракции нефти Ево-Яхинского месторождения с концентрацией 2%: 65-95 °С (9), 95-122 °С (8), 122-150 °С (7), 150-200 °С (6), 200-250 °С (5), 250-300 °С (4), 300-350 °С (3), 350-390 °С (2), контроль (1).

Нами были проведены лабораторные эксперименты по изучению влияния нефти на процессы прорастания семян, роста и развития проростков древесных и травянистых растений (См.: Гашев и др., 1993). В ходе опытов определялось влияние различных концентраций сырой нефти Ем-Еговского месторождения на следующие древесные породы: пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.), лиственница Сукачева (*Larix Sukaczewii* Dylis), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.) и береза повислая (*Betula pendula* R.). Влияние сырой нефти Южно-Сургутского месторождения изучалось на следующих видах травянистых растений: крестовник обыкновенный (*Senecio vulgaris* L.), сурепка обыкновенная (*Barbarea vulgaris* R. Br.), рапс (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), марь белая (*Chenopodium album* L.), костер безостый (*Bromus inermis* Leyss), тимopheвка луговая (*Phleum pratense* L.), лихосвост тростниковидный (*Alopecurus arundinaceus* P.), клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), ромашка непахучая (*Matricaria inodora* L.), щавель конский (*Rumex confertus* Willd.), овсяница луговая (*Festuca*

pratensis Huds.) и донник желтый (*Melilotus officinalis* Desr.). Наименее устойчивыми можно считать донник желтый, лисохвост тростниковидный, ромашку непахучую и рапс (в порядке возрастания устойчивости). Остальные виды в исследованном интервале концентраций нефти в субстрате по числу проросших семян достоверно не отличаются от контроля. Наибольшей устойчивостью из рассмотренных видов характеризуются щавель конский, марь белая и сурепка обыкновенная.

Результаты лабораторных опытов показали: принимая за допустимый уровень сохранность всходов древесных и травянистых растений 70% от контроля, можно констатировать, что «безопасные» концентрации нефти для всходов хвойных пород находятся в интервале до 1-1,5 весовых процентов, а для травянистых растений — до 5-6%. При этом необходимо учитывать видовые особенности растений, качественный и количественный состав нефти и свойства субстрата.

Солевое загрязнение. Техногенное засоление почвы нефтепромысловыми сточными водами вызывает глубокую трансформацию растительных сообществ, причем процесс деградации при этом виде воздействия протекает гораздо быстрее, чем даже на разливах нефти. Отрицательное воздействие на рост и развитие растений на засоленных почвах оказывает как количественное содержание легкорастворимых солей, так и их качественный состав. Негативно воздействуют Na_2CO_3 , MgCO_3 , NaHCO_3 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, NaCl , MgCl_2 , CaCl_2 . Слабое солевое загрязнение проявляется в некротическом пожелтении и отмирании хвои и листьев деревьев. Растения находятся при этом в угнетенном состоянии, близком к гибели. Дальнейшая судьба таких сообществ зависит от интенсивности рассоления участка в первый же вегетационный период после разлива. Учитывая незначительную глубину залегания грунтовых вод, большую заболоченность и продолжительное время схода верховодки в весенне-летний период, можно сказать, что в районе Самотлорского, Мыхпайского и ряда других месторождений Среднего Приобья растительность на подавляющем большинстве таких территорий полностью не погибает и восстанавливается в течение нескольких лет. При солевом загрязнении сильной степени травянистая, кустарничковая и древесная растительность погибает практически полностью в течение первого же

вегетационного периода после разлива. Лишь по микроповышениям частично сохраняется моховой покров и разнотравье. Такие участки часто бывают оконтурены переходными зонами с меньшими уровнями загрязнения, фитоценозы которых находятся на различных стадиях деградации.

Для изучения влияния минерализованных подтоварных вод на основные компоненты естественных биогеоценозов в 1992-1993 гг. заложены две постоянные пробные площади: в сосняке сфагново-багульниковом (ПП № 1) и кедровнике зеленомошном (ПП № 2) с общей минерализацией загрязняющих стоков в момент разлива 7,6 и 13,4 г/л соответственно. Первая пробная площадь заложена через год после разлива минерализованных вод, когда общая минерализация близко расположенных грунтовых вод и верховодки составляла только 0,5 г/л, вторая — вскоре после разлива. Для обеих пробных площадей были подобраны контрольные участки. Результаты обследования пробных площадей показали, что элементы растительности по убыванию устойчивости к солевому загрязнению можно расположить в следующем порядке: моховой покров, травянистая растительность, кустарники и подрост древесных пород, древостой (табл. 43). Нетрудно заметить, что устойчивость в этом ряду зависит от глубины расположения корневых систем компонентов фитоценоза. Этот вывод хорошо согласуется с динамикой распределения концентраций водорастворимых солей в толще почв. Градиент соленасыщенности грунтов на 2-й год после разлива возрастает с глубиной, и максимум приходится на границу органогенного и минерального почвенных горизонтов и верхний слой минерального. Именно здесь располагается большая часть корневых систем многих древесных растений. Такое распределение устанавливается достаточно быстро и сохраняется некоторое время, позволяя моховому покрову, травам, частично кустарникам и подросту выжить (второй этап трансформации техногенного потока, см. раздел 3.4). Древостой погибает полностью.

Разливы минерализованных технических вод чаще всего приурочены к естественным понижениям рельефа, переувлажненным и заболоченным. Благодаря этому, вымывание токсичных солей происходит сравнительно быстро и начало восстановительных процессов (появление пионерных травянистых растений и всходов древесных пород) отмечается уже на второй-третий год после загрязнения.

Таблица 43

**Живой напочвенный покров засоленных (опыт)
и контрольных участков пробных площадей солевого загрязнения
(по Соромотину и др., 1996)**

Показатели	ПП №1		ПП №2	
	опыт	контроль	опыт	контроль
Общее проективное покрытие видами, %:				
багульник болотный	ед.	30	0	0
мирт	3	11	0	0
подбел	ед.	2	0	0
брусника	ед.	2	ед.	6
морощка	1	3	0	0
клюква	13	12	0	0
седмичник европейский	0	0	ед.	0
линнея северная	0	0	ед.	7
хвощ лесной	ед.	ед.	0	14
осока шаровидная	3	48	ед.	2
рогоз	0	0	ед.	0
кипрей узколистный	ед.	0	ед.	0
кипрей болотный	0	0	ед.	0
политрихум	0	16	0	29
сфагнум	58	75	0	11
зеленые лесные мхи	ед.	1	1	59
Общее проективное покрытие по участку, %	61	100	2	100
Количество видов, шт.	11	11	8	8
Биомасса, г/м²:				
мхи	572	657	17	491
травы	19	128	10	166

Таким образом, загрязнение естественных ландшафтов минерализованными нефтепромысловыми водами приводит к *глубокой деградации таежных экосистем*. Негативное воздействие солей испытывают все основные элементы: почва, растительность и педобионты. По степени воздействия солевое загрязнение вполне сравни-

мо с нефтяным, а в ряде случаев даже превосходит его по скорости отмирания фитоценоза.

Воздействие факелов. При сжигании попутного газа на месторождениях происходит интенсивное химическое загрязнение атмосферы, оказывающее негативное влияние на состояние лесоболотных комплексов. Негативное воздействие факела на таежную растительность проявляется как: 1) тепловое и огневое; 2) токсическое, при загрязнении жидкими нефтепродуктами; 3) токсическое поражение ассимиляционного аппарата газообразными выбросами; 4) мутационное воздействие канцерогенных веществ (3,4-бенз(а)пирен). По оценкам А. И. Захарова с соавторами (1989), воздействие факелов на лесные биогеоценозы в районе Среднего Приобья сказывается на 4,5% площади нарушенных при нефтедобыче территорий.

В 1989-1990 гг. сотрудниками Тюменской ЛОС ВНИИЛМ было проведено обследование территории, прилегающей к действовавшему почти 5 лет факелу на Аганском месторождении (Гашев и др., 1994). По существующей классификации (Панов и др., 1986), этот факел относился к большим. Жерло его трубы находилось на высоте 15 м от поверхности почвы, длина языка пламени достигала 5-7 м. Обследование проводили на трансекте, проходящей через центр факельного очага и выходящей за его пределы, где взятые показатели практически перестают отличаться от контрольных (контроль выбран в аналогичном биотопе в 500 м от факельной зоны с наветренной стороны). По степени воздействия на компоненты природных комплексов выделено *пять зон* (табл. 44):

I — *зона воздействия без видимых изменений растительности*, расположенная на расстоянии более 150 м от факела. Температура воздуха в приземном слое ближней к факелу полосы этой зоны шириной 40-50 м превышает фоновую на 3-4°C. Инфракрасное излучение ощущается кожей лица на расстоянии <0,5 км. Растительный покров представлен коренными ассоциациями с характерным живым напочвенным покровом.

II — *зона повреждений древесного и кустарникового яруса* расположена на расстоянии 110-150 м от факела. Температура выше нормы на 7-8 °C. Наличие в воздухе сернистого ангидрида определяется даже органолептически. Это зона горельников, образовавшаяся в результате периодически возникающих от выбросов пламени факела пожаров. Поражение, наносимое факелом в этой зоне, ана-

логично тому, какое имеет место при верховых пожарах. Усыхающие деревья заселены стволовыми вредителями. Отмечено массовое появление таких видов, как златка пожарищ (*Melanophila acuminata* De Geer) и осиновый листоед (*Chrysomela tremulae* F.), присутствие которого обусловлено частичной сменой хвойных пород лиственным (осина) молодняком. Установлено, что доминирующей группой микофлоры являются трутовые грибы, это может свидетельствовать об ослаблении физиологического состояния деревьев. В зоне действия факела отмечено обеднение видового состава лишайников и смена их форм. Растения в незначительной степени загрязнены несгоревшими остатками нефтепродуктов и сажей. Общая проекция живого напочвенного покрова составляет около 90%.

III — зона хорошо развитого травяного покрова в 80-110 м от факела. Температура выше контрольной на 8-12 °С. Живой напочвенный покров имеет вторичное происхождение, общая проекция его составляет около 70%. Преобладают кипрей узколистный, горец земноводный, череда трехраздельная, вейник наземный; по понижениям — рогоз широколистный. Встречаются также кипрей болотный, сушеница топяная, жерушник, ситники, хвощ лесной, княженика. Из всходов древесных растений наиболее распространены осина и ивы, меньше самосев березы. В результате периодического выгорания дерновина не образуется. Концентрация нефтепродуктов в верхнем слое почвы составляет 1-5%.

IV — зона угнетенного травяного покрова в 50-80 м от факела. Температура на 12-16° превышает контрольную. Дернины нет. Общая проекция живого напочвенного покрова составляет 10%. Растительность сформирована в основном кипреем узколистным, горцем и вейником. В результате постоянной повышенной температуры в течение одного вегетационного сезона могут образовываться две генерации этих растений. Концентрация нефтепродуктов в почве достигает 10%.

V — зона в радиусе 50 м от факела: растительность отсутствует, лесная подстилка и гумусовый горизонт выжжены. Отмечена массовая гибель ночных бабочек, привлеченных факельной свечой. Грунт прокален и местами спекся в корку толщиной до 5 см. Температура выше контроля зимой на 15-30°С, летом на 35-50°С, максимум — 70°С. В микропонижениях местами стоят лужи нефти. Суммарный уровень γ - и β -излучения на 43% выше фонового.

**Характеристика зон воздействия факела
(по Гашеву и др., 1994)**

Показатель	Контроль	Зона				
		I	II	III	IV	V
Расстояние от факела, м	>500	>150	110-150	80-110	50-80	0-50
Средняя температура воздуха, °С						
летом	20,0	22,7	28,0	31,8	34,8	61,0
зимой	-21,5	-19,5	-17,5	-13,5	-12,0	2,7
ОПП ЖНП, %	100	100	90	70	10	0
Экологические группы травянистой и кустарничковой растительности:						
растительность переувлажненных мест обитания	+	+	+	+	+	—
типичное таежное разнотравье	+	+	+	+	—	—
растительность гарей и вырубок	—	—	+	+	+	—
рудеральная растительность	—	—	—	+	—	—
Общее обилие мелких млекопитающих, экз./100 лов.-сут.	4,0	6,0	1,0	1,0	0	0
Видовой состав мелких млекопитающих:						
<i>Mustela erminea</i>	+	—	—	—	—	—
<i>Sorex araneus</i>	+	+	—	—	—	—
<i>Clethrionomys rutilus</i>	+	+	+	—	—	—
<i>Microtus agrestis</i>	—	+	+	—	—	—
<i>Mus musculus</i>	—	—	—	+	—	—

Примечание: «+» — отмечены, «—» — не отмечены

В целом наиболее устойчивую группу растений в факельных очагах образуют виды, обычно сопутствующие гарям и вырубкам. Наряду с ними по микропонижениям в зону IV проникает группа растений переувлажненных мест обитания; этому способствуют относительная «затененность» микропонижений от факела, защитные свойства воды и некоторые анатомические особенности водных растений. В зоне III, кроме представителей других групп растений, отмечены рудеральные виды. Соответствующие зоны, расположенные с наветренной стороны факела (по среднегодовым данным), имеют меньшую ширину. Кроме

того, нами установлено, что степень негативного воздействия факельной свечи на растительные сообщества зависит:

- от удаленности (основной фактор — тепловое излучение, $r = 0,86 + 0,10$ при $P < 0,05$), что проявляется в формировании 5 зон дифференциации растительного и почвенного покрова;
- места произрастания по отношению к факелу.

Замеры прироста в высоту у подроста хвойных около факела на Мамонтовском месторождении показали наличие двух зон, расположенных на противоположных концах факельной площадки: зоны максимального прироста и зоны минимального прироста (рис. 24). По нашему мнению, эти зоны формируются вследствие неравномерности химического загрязнения прифакельной территории (газового и капельно-нефтяного).

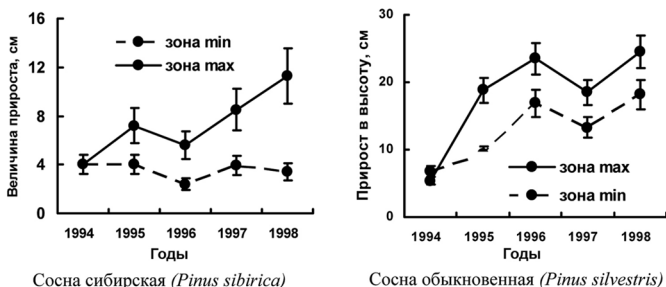


Рис. 24. Динамика приростов в высоту у подроста хвойных в различных зонах прифакельной площадки

Имеются факелы, сжигание попутного газа в которых осуществляется у самой поверхности почвы. Территория одного из таких потушенных факелов была обследована в 1990 г. Хотя радиус действия наземного факела равной мощности с воздушным значительно меньше, сила его воздействия на прифакельную зону намного больше. Одним из основных отрицательных факторов является термическое и пирогенное действие. У жерла факела происходит спекание грунта на глубину более 30-40 см. Естественно, что это обуславливает и более длительные сроки восстановления биогеоценоза в факельной зоне.

В средней тайге при вводе месторождений в эксплуатацию наблюдается процесс сукцессионного восстановления растительного покрова на землях временного отвода, использовавшихся ранее (вспомогательные площадки строительных работ), а также на пе-

риферийных участках промысловых объектов. Например, осиновые, березовые и ивовые молодняки на притрассовых территориях через 5–6 лет способны вырастать в высоту до 3–6 метров. Пихтово-еловые молодняки способны достигать 6-метровой высоты в 15-летнем возрасте, кедровые — в 25–30-летнем, сосновые — в 25–30-летнем (Воробьев и др., 2000). Результаты наших обследований территорий старых разведочных скважин и демонтированных нефтебаз показали, что самовосстановление растительности в средне- и южнотаежных лесах идет успешно. Количество подроста хвойных пород (ель, сосна) на некоторых участках буровых площадок достигало 100 тыс. /га. Единственным фактором, сдерживающим самозаращение площадок, является остаточное нефтяное загрязнение, а также нефтесодержащие минерализованные воды, поступающие из приустьевого пространства аварийных скважин (Соромотин, 2006, а).

На этапе добычи техногенная нагрузка на растительный покров может возрастать за счет деградации растительности вне участков долговременной арены, занятых технологическими объектами и линиями коммуникаций. Основные причины этого — прогрессирующее подтопление, нефтесолевое загрязнение, вырубки, гари. В северотаежных лесах на почвах легкого механического состава вследствие активизации дефляционных процессов масштабы нарушений также постепенно возрастают.

Последствия освоения территорий нефтяных месторождений не всегда могут быть оценены однозначно как отрицательные. Исследуя результаты техногенных воздействий на болотные экосистемы, С. В. Васильев (2000) пришел к выводу, что, например, при засыпке песком и при прокладке трубопровода болота часто замещаются лесными сообществами, которые могут оказаться более ценными с экологической точки зрения. Тенденция смены лесных сообществ и накопления древесного подроста наблюдается при обсышке болотных экосистем, когда болотный сток перегораживается дорожными дамбами. При слабых солевых загрязнениях на олиготрофных местообитаниях прирост сосны в десятки раз увеличивается, а сфагновые мхи меняются на гипновые.

Об изменении природной среды на территории, прилегающей к насыпи дороги, и ее повсеместном активном заселении древесными растениями, формировании лесных сообществ по фоновой схеме послепожарного развития сообщает В. Н. Седых (1996). По его наблю-

дениям, прилегающая зона старых дорог, их откосы сплошь покрыты молодыми насаждениями, по продуктивности и обилию видового состава не уступающими окружающим лесам. Проведенное нами дешифрование модельного участка северной части Самотлорского месторождения по космоснимку высокого разрешения показало, что вследствие формирования дренированных зон в пределах болот (кустовые и промышленные площадки, 20-метровые полосы автодорог и 5-15-метровые трассы трубопроводов) лесистость возросла на 7,9%. Экстраполяция этих материалов и дополнительное дешифрование нескольких ключевых участков Самотлорского месторождения позволили установить, что лесистость всей его территории за время эксплуатации увеличилась на 4,3%:

Территория	Общая площадь, га	Площадь болот, га	Площадь новых лесов по болотам, га	Увеличение лесистости, %
Модельный участок	24 276,3	12 170,47	962,3	7,9
Месторождение в целом	216 268,5	100 981,70	4406,9	4,3

§ 2. ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕФТЕДОБЫЧИ НА ЖИВОТНЫХ

Воздействие, оказываемое при освоении нефтяных месторождений на животное население таежных экосистем, проявляется, с одной стороны, опосредованно — через сокращение и трансформацию мест обитания, а с другой — непосредственно, активно (браконьерство, травля собаками, гибель от нефтяного загрязнения и в факельных свечах и пр.) или пассивно (фактор беспокойства).

На **разведочном этапе** негативное воздействие на животное население тайги оказывается в основном:

- браконьерской добычей охотничье-промысловых и охраняемых видов животных;
- собаками, постоянно присутствующими в сейсмоотрядах и геологоразведочных партиях;
- фактором беспокойства.

Геологоразведочные работы значительного урона численности и видовому разнообразию животных не наносят. Нахождение людей на

каждом из объектов, как правило, краткосрочно (время строительства скважины не более нескольких месяцев). При сейсморазведке продвижение бригад, проводящих рубку и отработку профилей, хотя и приводит к постепенному вытеснению животных с обследуемой территории, но по мере смещения района работ наблюдается их возвращение и восстановление прежней численности. Фактор беспокойства в виде шума при сейсморазведке проявляется в основном в зимний период и не вызывает существенной миграции охотничье-промысловых животных. Рубка леса для трасс сейсмопрофилей и площадок буровых не уменьшает кормовую базу животных, а порой делает ее более разнообразной за счет появления на вырубках поросли лиственных пород и злаков, увеличения урожайности ягодниковых кустарничков.

Необходимо отметить, что нерекультивированные шламовые амбары, содержащие нефть, являются ловушками для животных. Нами зафиксирован случай гибели более 40 птиц в амбаре для сбора продукции скважины Р-7 Западно-Салымского месторождения. Водоплавающие птицы не реагируют на слой нефти на водной поверхности амбаров, садятся на нее и погибают. Более того, беспомощная птица привлекает внимание хищников, которые, стремясь овладеть добычей, сами становятся жертвами «нефтяной ловушки». Это явление более характерно для этапа добычи, когда нефтяное загрязнение распространяется на больших естественных территориях и акваториях.

На **этапе строительства** техногенному воздействию подвергаются огромные территории естественных ландшафтов. Количество людей и техники, привлекаемых для обустройства месторождений, резко увеличивается. Это приводит к значительному усилению фактора беспокойства, возрастает доля прямого уничтожения промысловых видов животных при браконьерстве, а также максимальных размеров достигают площади техногенно трансформированных естественных мест обитания.

Строительство объектов на лесных участках сопровождается сплошной рубкой деревьев и приводит к уничтожению мест обитания и убежищ типичных лесных видов животных. С. Н. Гашев (2000) отмечает, что сплошные рубки на больших площадях в сочетании с другими антропогенными факторами оказывают неблагоприятное воздействие на тетерева, рябчика и особенно глухаря, численность которого сокращается, когда величина изъятия древостоя составляет более 25% от общего запаса или менее 4% от общего числа стволов

на конечной, климаксной стадии развития насаждения, и так как глухари избегают лесов с плотностью стволов верхнего яруса менее 500 шт/га (сомкнутость крон 40%), а самцы, в отличие от самок — и лесов с плотностью стволов менее 1 000 шт/га.

Численность многих видов птиц, особенно охотничье-промысловых, хищных и лесных воробьиных сокращается в связи с уничтожением, трансформацией и фрагментацией их мест обитания, появлением техногенных элементов ландшафта, присутствием человека и его поселений. В результате всех этих воздействий происходят тривиализация, синантропизация и деградация орнитокомплексов (Вартапетов, 2003).

О. В. Зеркаль (1999) пишет о том, что само физическое наличие техногенных объектов и большого количества персонала является агрессором для отдельных видов животных, вызывая их миграцию, снижая их продуктивность. Нередко промысловые объекты, магистральные трубопроводы располагаются на путях миграции или вблизи мест кормежки, логовищ, гнездовых, вынуждая животных менять обычные способы поведения. Нарушением или полным разрушением среды обитания сопровождаются аварийные выбросы и разливы нефтепродуктов, сведение растительного покрова.

В. А. Юдкин с соавторами (1996) также отмечают, что постоянное присутствие большого количества людей оказывает значительное отрицательное воздействие на многих животных. В ответ на беспокойство животные перемещаются в соседние биотопы, что может привести к обострению внутривидовой конкуренции. В результате беспокойства нарушаются суточный ритм и режим питания птиц, увеличивается время на обеспечение безопасности. Беспокойство животных вызывают и значительные шумы при строительстве и эксплуатации объектов добычи и транспортировки углеводородного сырья (КС, вертолетные площадки, транспортные магистрали и т. д.). В частности, уровень шума на компрессорных станциях превышает 100 дБ, когда практически невозможно разговаривать (Ефимов, 2000). Распугивая диких зверей и заставляя их покидать место обитания, шум отрицательно влияет на структуру популяций, являясь одной из причин снижения продуктивности охотоугодий. По нашим наблюдениям, фактор беспокойства проявляется в 500-метровой зоне вокруг кустовой площадки при постоянном присутствии на ней людей и в 100-метровой полосе вдоль автодорог.

Примером непосредственного действия фактора беспокойства может служить исчезновение весенних миграционных присад перелетных птиц на правобережной части Приобского месторождения, на которых скапливалось несколько десятков тысяч птиц. Одна из них тянулась вдоль протоки Лабытвора между урочищами Васькин бор и Микишкин бор, представляла собой укромный и удаленный от населенных пунктов участок, хорошо закрытый со всех сторон лесом. Обычными видами птиц, использовавшими ее для отдыха, были белолобый гусь, гуменник, краснозобая казарка, черная казарка, пискулька, серый гусь. Строительство объектов нефтедобычи в 1994-1995 гг. (3 куста скважин, ДНС, КНС, 28,3 км нефтепроводов внешнего транспорта, 4,4 км промысловых нефтепроводов и 4,53 км высоконапорных водоводов, комплекс производственных баз и пр.) в непосредственной близости от присады, привело к тому, что птицы, начиная с 1996 г., в этом месте при пролете уже не садятся. Более того, сместился коридор пролета (по устному сообщению сотрудника Объединенной дирекции особо охраняемых природных территорий ХМАО-Югры А. В. Коровина).

Обустройство нефтяных месторождений в Западной Сибири сопровождается также трансформацией мест обитания ихтиофауны. При строительстве нефтегазопроводов изымаются большие участки речной поймы, что приводит к сокращению нерестовых и нагульных угодий рыб. Постоянные и временные зимние дороги часто нарушают водотоки, по которым проходят пути миграции и находятся места зимовки рыб. Негативное механическое воздействие на гидробионтов происходит при строительстве водных переходов трубопроводов. Большой вред наносится в период строительства переходов трубопроводов через малые реки и ручьи и при работе драг гидронамыва песка (изменение условий осадконакопления в руслах рек и взмучивание воды, захламление русел древесной, отрицательное воздействие на кормовую базу, на развитие икры в нерестовый период, на условия зимовки рыб).

Этап добычи. Большинство исследований по оценке влияния нефтедобычи на животных проводилось на уже действующих промыслах, поэтому результаты оценок носят кумулятивный характер, учитывающий весь негативный эффект, начиная с этапа освоения. На этапе добычи наиболее значимым фактором воздействия как на среду обитания, так и на самих животных становится химическое загрязнение (наряду с распугиванием и браконьерством). Общеизвестно, что

наиболее опасным видом химического загрязнения при нефтедобыче является *нефтяное загрязнение наземных и водных экосистем*.

Население охотничье-промысловых животных представляет большой интерес как чувствительный индикатор состояния природной среды и как объект мониторинга при техногенном воздействии. Индикационные свойства охотничье-промысловых животных определяются их распространением, обилием и наличием большого количества данных об их численности и добыче. Ряд полномасштабных исследований позволяет утверждать, что интенсивное освоение Западной Сибири, особенно развитие нефтедобывающей промышленности, сопровождается ухудшением качества охотничьих угодий, сокращением их площади, снижением поголовья промысловых животных (Брауде, 1987; Вартапетов и др., 1990).

Одним из наиболее удобных и показательных компонентов таежной фауны при изучении последствий освоения территорий нефтяниками являются птицы. Состоянию орнитофауны нефтепромыслов в Тюменской области посвящено достаточно много исследований. Л. Г. Вартапетов (1990) на основании маршрутных учетов птиц в Пуровском районе, а также на территории Холмогоровского и Карамовского нефтяных месторождений показал, что влияние нефтепромыслов (загрязнения, разливы нефти, сети дорог, фрагментарность лесных массивов, беспокойство, браконьерство) приводит в первую очередь к снижению численности оседлых и гнездящихся перелетных промысловых птиц. По его подсчетам, уменьшение ресурсов всех промысловых птиц Западно-Сибирской равнины в связи с нефтегазодобычей составило 12 млн особей, или 11%. Под воздействием нефтедобычи 17 видов птиц не встречаются совсем, но появилось 6 новых видов, которые обычно гнездятся севернее. В результате видовое богатство птиц на нефтепромыслах сократилось с 92 до 81 вида, т. е. на 12%. Видовое разнообразие, выраженное показателем Шеннона, уменьшается менее заметно — только на 5%. Изменения в ярусном размещении птиц определяются уничтожением части древесно-кустарниковой растительности. Больше становится доля наземных птиц и, соответственно, меньше птиц, обитающих в кустарниках и кронах деревьев. При этом меняется облик орнитофауны: за счет сокращения обилия лесных птиц заметно снижается представленность сибирских видов, а доля широко распространенных транспалеарктов возрастает. Существенное уменьшение био-

массы на 26% и видового разнообразия птиц происходит за счет сокращения численности и полного исчезновения большинства охотничье-промысловых видов, хищных и некоторых лесных воробьиных птиц, в первую очередь за счет оседлых и гнездящихся перелетных видов (Вартапетов, Юдкин, 1998). Это объясняется главным образом многочисленными разливами нефти. Отрицательно влияют также дороги и фрагментация лесных массивов, фактор беспокойства и браконьерская охота. В итоге видовое богатство промысловых птиц снизилось с 20 до 15 видов (Вартапетов, 2000).

Наблюдения Н. И. Петункина и соавторами (1990) за массовыми видами водоплавающих птиц (шилохвость, гуси, свиязь, чирки и др.), проведенные в 1974-1983 гг. в ХМАО-Югре, показали, что сроки яйцекладок птиц совпадают с повышением уровня паводковых вод и растеканием скопившихся за зиму нефтепродуктов от буровых и нефтедобывающих установок. Степень загрязнения кладок обратно пропорциональна их удаленности от нефтепромысловых объектов. Водоплавающие, перенося на оперении нефтяную пленку, загрязняют скорлупу яиц. При этом зародыши в яйцах гибнут, если скорлупа покрыта нефтепродуктами более чем на 60%.

Нефтяное загрязнение. Наиболее обстоятельно воздействие нефтяного загрязнения на популяционные, морфометрические и физиологические характеристики позвоночных животных, в частности мелких млекопитающих, таежных экосистем Тюменской области изучено С. Н. Гашевым и др. (1992, 2000). Установлено, что на загрязненной территории в сравнении с контролем отличий в годовой динамике численности зверьков не наблюдается, однако уменьшение емкости среды загрязненных участков несколько «сглаживает» популяционные циклы численности. Относительное обилие мелких млекопитающих зависит от степени загрязнения почвы нефтью. Между общей проекцией живого растительного напочвенного покрова и относительным обилием грызунов существует прочная корреляционная связь ($r = 0,56 \pm 0,11$). Еще более тесная связь существует между общим обилием насекомых и численностью почвенной мезофауны ($r = 0,71 \pm 0,11$). Всего на нефтезагрязненной территории отловлено 17 видов мелких млекопитающих, а в контроле — 22. Индекс видового разнообразия Шеннона в контроле на 11,8% больше, чем на загрязненной территории, при этом индекс выравненности

Пиелу на загрязненной территории составляет 94,1% от контроля. На загрязненных участках отмечено появление видов-синантропов (*Mus musculus* L. и *Rattus norvegicus* Berkenthout), отсутствующих в контроле, что может быть связано и с общим антропогенным изменением ландшафта. Доминирующими видами практически во всех исследованных загрязненных биотопах, как и в контрольных, являются красная полевка среди грызунов и обыкновенная бурозубка среди насекомоядных. Наибольшей чувствительностью к загрязнению обладают насекомоядные, которые, являясь консументами более высокого порядка, чем грызуны, испытывают большее отрицательное влияние загрязнения нефтью (Гашев, 1992).

Так как нефть в своем составе содержит, помимо углеводов, различные микроэлементы и тяжелые металлы, велика вероятность миграции и накопления этих веществ по трофическим цепям экосистем. Нами исследовалось накопление (См.: Гашев и др., 1995) 12 микроэлементов, выносимых на поверхность с нефтью или пластовыми водами, в надземной части зеленых мхов и шкурках красной полевки на нефтяных разливах Аганского месторождения. Отмечена *тенденция увеличения накопления* всех микроэлементов, а также урана в надземных частях зеленых мхов в 2-4 раза по сравнению с контролем, по стронцию — в 6 раз; по олову, стронцию и хрому эти различия достоверны. В шкурках красной полевки содержание микроэлементов в 2,5-4 раза выше, чем в контроле; достоверные отличия отмечены по железу, меди, никелю, свинцу и хрому.

Для оценки реакций животных на нефтяное загрязнение показательны почвенные беспозвоночные, среда обитания которых при разливах нефти трансформируется в большей степени по сравнению с другими группами животных. В. Л. Бабкина (2001), изучая сообщества орибатид болотных и лесных местах обитания, установила, что после разлива нефтепродуктов они испытывают угнетение, которое со временем усиливается, о чем свидетельствует сравнение числа видов, показателей разнообразия и доли молодых личиночных стадий. На участках, подвергшихся наиболее сильному воздействию, даже через 30 лет сообщество орибатид не восстанавливается. На участках, подвергшихся частичному загрязнению, формируются угнетенные сообщества, с бедным видовым разнообразием.

Нами установлено (Соромотин, 1995, 2000), что воздействие нефти и нефтепродуктов на комплексы мезофауны определяется в первую очередь интенсивностью загрязнения. Показано, что нефтяное загрязнение вызывает *резкое снижение абсолютной численности, динамической плотности и биомассы мезофауны почв*, а также *значительное обеднение видового состава*. Зависимость сохранности численности и биомассы педобионтов от концентрации нефтепродуктов в лесной подстилке довольно точно описывается уравнением показательного вида: $Y = \exp(a + b \cdot x)$. Для среднетаежных лесов значения коэффициентов следующие: для численности $a = 4,80 \pm 0,35$; $b = -0,10 \pm 0,01$; ($r = -0,86 \pm 0,01$ при $P < 0,01$); для биомассы: $a = 5,20 \pm 0,52$; $b = -0,10 \pm 0,02$ ($r = -0,79 \pm 0,13$ при $P < 0,001$).

Если сравнить чувствительность педобионтов и таких компонентов таежных биоценозов, как живой напочвенный покров, подрост хвойных пород, а из консументов — мелких млекопитающих (мышевидные грызуны и насекомоядные) к нефти, (рис. 25), то очевидно, что к такому виду антропогенного воздействия мезофауна — один из наиболее чувствительных компонентов таежных экосистем.

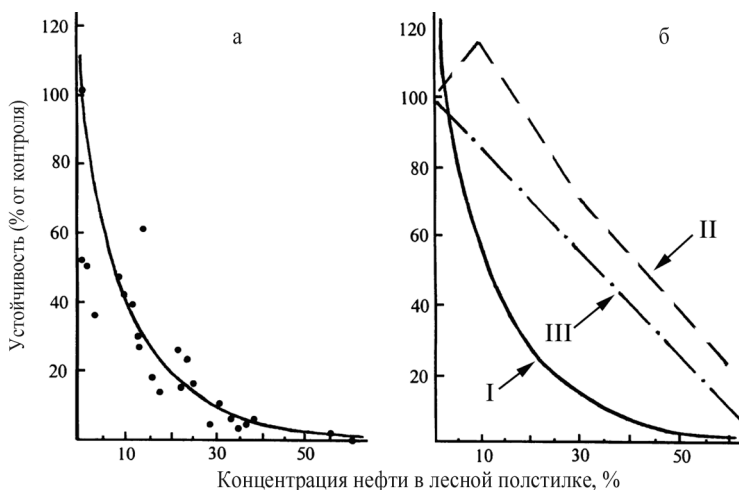


Рис. 25. Влияние интенсивности загрязнения почвы нефтью на некоторые компоненты таежных экосистем:

а — численность мезофауны, б — общее проективное покрытие живым напочвенным покровом (I), количество мелких млекопитающих (II) (по Гашеву, 1992) и количество благонадежного подроста кедра (III)

Снижение численности педобионтов наполовину вызывается 10%-м уровнем содержания нефти в лесной подстилке, тогда как соответствующее уменьшение ОПП ЖНП — 15%-м уровнем, сохранности мелких млекопитающих — 25%-м уровнем, количества жизнеспособного подроста кедра — даже 35%-м.

Опубликованные данные (Артемьева и др., 1988; Артемьева, 1989) и результаты наших учетов свидетельствуют, что мезофауна наиболее чувствительна к нефтяному загрязнению. Приведем влияние 13%-го нефтяного загрязнения почвы на численность почвенных беспозвоночных в кедровнике (* — различия достоверны при $P < 0,001$), экз./м²:

Группа беспозвоночных	Чистая почва	Разлив нефти
Коллемболы	14 440,0 ± 4160,0	15 360,0 ± 1960,0
Клещи	21 080,0 ± 2118,0	20 210,0 ± 3200,0
Мезофауна	450,8 ± 38,6	271,0 ± 22,7*

При рассмотрении устойчивости основных групп мезофауны к углеводородному загрязнению необходимо выделять степени загрязнения почвы и подстилки, так как реакция животных меняется в зависимости от дозы токсиканта. Мы разделили загрязнение на 3 степени: слабое — до 10% нефти в лесной подстилке, когда сохраняется до 50% педобионтов, среднее — от 10 до 20%, когда численность падает еще наполовину, и сильное — более 20% нефти в подстилке (табл. 45).

Таблица 45

**Устойчивость основных групп мезофауны
к нефтяному загрязнению (численность в % от контроля)**

Группа мезофауны	Степень загрязнения		
	слабая	средняя	сильная
<i>Chilopoda</i>	66,7	45,5	29,0
<i>Diptera</i>	65,6	32,0	27,5
<i>Insecta в целом</i>	58,7	47,3	12,1
<i>Coleoptera</i>	61,2	56,5	8,7
<i>Arachida</i>	63,1	33,2	3,6
<i>Homoptera</i>	45,5	21,2	0,0
<i>Mollusca</i>	30,5	8,3	0,0
<i>Oligochaeta</i>	111,5	50,0	0,0

Заметим, что наибольшую устойчивость, даже некоторое повышение численности, требующее специального исследования, проявляют дождевые черви (*Eisenia nordenskioldi* Eisen и *Limbricus rubellus* Hoff.). Многоножки, пауки и насекомые образуют группу организмов, сходных по степени реакции. Наиболее чувствительны моллюски. При средней загрязненности *олигохеты* также наиболее устойчивы, а *моллюски* — наименее. На участках с нефтяным загрязнением более 20% ни дождевые черви, ни моллюски не встречаются — эта концентрация для них предельна. Наибольшую устойчивость проявляют *хилоподы* (*Monotarsobius curtipes* C. Koch). Среди наиболее многочисленных отрядов насекомых все имеют примерно одинаковую устойчивость к слабой степени нефтяного загрязнения, при средней степени преобладают имаго и личинки жуков (*Staphylinidae*, *Carabidae*), а при сильной — личинки двукрылых.

Нефтяное загрязнение приводит не только к резкому сокращению численности, но и к значительному обеднению группового состава мезофауны за счет таких малоустойчивых групп, как почвенные моллюски, гусеницы совок, червецы, личинки мягкотелок, проволоочники, долгоносики.

На загрязненных территориях иногда наблюдается смещение возрастной и размерной структур населения некоторых групп. Так, для стафилинид отмечено возрастание доли имаго на разливах на 48% по сравнению с контролем. У пауков на разливах средняя масса одной особи значительно превосходит аналогичный показатель на чистых участках: $4,4 \pm 0,5$ мг в опыте и $2,4 \pm 0,2$ мг в контроле (проанализировано 1 715 экземпляров, различия достоверны при $P < 0,001$). Для многоножек различий не обнаружено: по 4,8 мг в опыте и в контроле (421 экземпляр). Вероятно, из Arachnida на загрязненной территории способны выжить взрослые особи и более крупные виды, а влияние нефти на размерную и возрастную структуры хилопод, представленных практически одним видом, не отмечено. Очевидно, что нефтяное загрязнение может приводить к нарушению характерной для каждого типа леса системы трофических связей видов почвенной мезофауны, а следовательно, и динамики численности их популяций, а дальше — к нарушению устойчивости всего биоценоза.

Нами установлена сильная связь основных характеристик разлива нефти с численностью и биомассой мезофауны. Уравнение множественной регрессии имеет вид:

$$y = a_0 + a_1x + a_2z + a_3v + a_4f + a_5g \pm m,$$

где x — толщина чистой подстилки (см),

z — концентрация нефти в минеральном почвенном горизонте (%),

v — удаление от края разлива (м),

f — концентрация нефти в органогенном почвенном горизонте (%),

g — проекция живого напочвенного покрова (%).

Значение коэффициентов: $a_1 = 0,57 \pm 0,39$; $a_2 = 0,19 \pm 0,26$; $a_3 = 1,03 \pm 0,12$; $a_4 = -0,01 \pm 0,12$; $a_5 = -0,14 \pm 0,07$; $a_0 = -16,20 \pm 10,86$; $m = 1,76$. Коэффициент детерминации $r^2 = 0,78$.

Нефтяное загрязнение вызывает уменьшение не только абсолютной численности, но и динамической плотности беспозвоночных. По нашим данным, для условий средней тайги уравнение регрессии динамической плотности мезофауны в зависимости от концентрации нефти в лесной подстилке имеет вид: $y = \exp(a + bx)$, где: $a = 4,470 \pm 0,090$, $b = -0,050 \pm 0,004$, $r = -0,85 \pm 0,22$ ($P < 0,01$). Следует отметить сходный характер зависимостей абсолютной численности мезофауны и динамической плотности от концентрации нефти. Несмотря на возможность активно передвигаться по всей территории разлива, подстилочные хищники предпочитают участки с сохранившейся растительностью. Коэффициент корреляции между динамической плотностью педобионтов и ОПП ЖНП на разливах нефти составляет: $r = 0,96 \pm 0,12$ ($P < 0,001$).

Изменения, происходящие в структурных параметрах сообществ беспозвоночных, тесно связаны с концентрацией нефтепродуктов в субстрате. Для всей мезофауны в порядке возрастания устойчивости изученные *параметры располагаются следующим образом*: показатели общего обилия (численность, биомасса), видовой (групповой) состав и структура доминирования, трофическая структура. Показатели обилия удобны для выявления количественных связей с интенсивностью загрязнения и наиболее пригодны для нормирования антропогенного воздействия. Видовой состав, структура доминирования и распределение организмов по трофическим группам в большей степени являются качественными характеристиками сообществ беспозвоночных, показывающими степень деградации. В общем виде

этапы деградации и восстановления населения педобионтов на нефтезагрязненных участках показаны на рисунке 26.

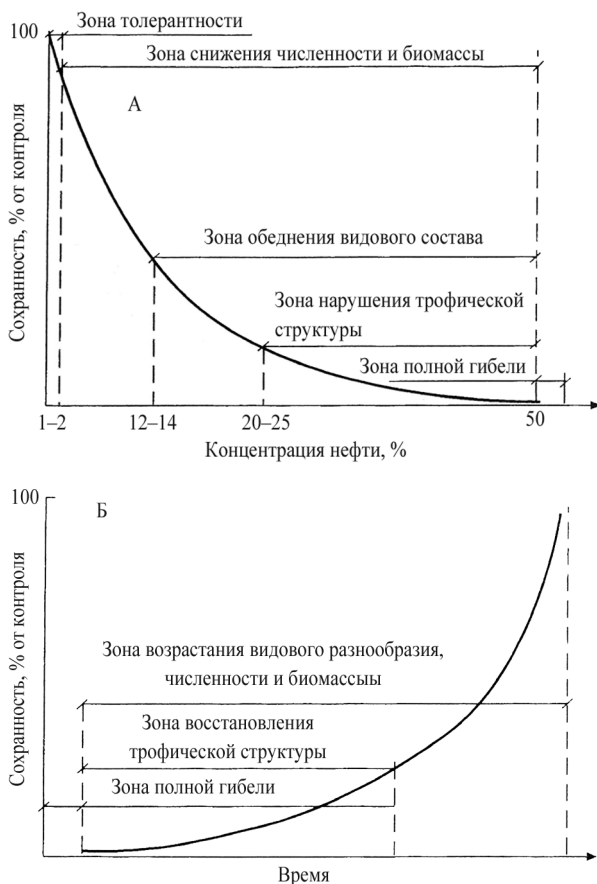


Рис. 26. Основные этапы деградации (А) и восстановления (Б) сообществ педобионтов при нефтяном загрязнении

Зона толерантности (0-2% нефти в подстилке) характеризуется отсутствием отклонений в количественных и качественных показателях сообщества. При дальнейшем увеличении нагрузки происходит снижение численности и биомассы. Качественные изменения начинаются с концентрации в 12-14% и проявляются сначала в обедне-

нии видового (группового) состава мезофауны с возможной сменой доминантов. Нарушение трофической структуры (при концентрации 20–25%), приводящее к обитанию на разливах только хищных беспозвоночных, свидетельствует о глубокой деградации сообщества, находящегося на грани гибели.

Интенсивность восстановительных процессов в загрязненных биоценозах и продолжительность этапов заселения замасоченных территорий в первую очередь зависят от исходного уровня загрязнения, а во вторую — от способности почвы к самоочищению на конкретном разливе нефти. Поэтому невозможно точно указать временные интервалы и концентрации остаточных нефтепродуктов, позволяющие описать регенерацию сообществ в общем виде. Более того, токсические свойства нефти на старых разливах во многом зависят не от количества загрязнителя, а от его качественного состава.

Для биоиндикации степени нефтяного загрязнения наиболее удобны показатели, выражающие сохранность численности и биомассы педобионтов (в процентах от фонового уровня). Полученные теоретические уравнения позволяют оценивать воздействие токсиканта, особенно при слабых и средних уровнях загрязнений, когда ответная реакция других компонентов таежных экосистем проявляется в меньшей степени. Одним из условий начала становления регенерационных экосистем на разливах нефти является снижение концентрации и токсичности нефтепродуктов, происходящее в результате физических и биохимических процессов деградации нефти.

Начальный этап формирования сообществ педобионтов заключается в заселении (если сообщество погибло полностью) территории разлива хищными беспозвоночными и восстановлении трофической структуры вплоть до исходной, что свидетельствует о возможности восстановления и других компонентов экосистем: живого напочвенного покрова и вслед за ним — древесных растений. На *следующем этапе* происходит обогащение видового (группового) состава мезофауны за счет малоустойчивых видов. При достижении исходного уровня численности и биомассы можно говорить о практически полном восстановлении исходного ценоза (что мы наблюдали на микроповышениях старого разлива нефти). Время протекания отдельных этапов восстановления зависит от исходной концентрации загрязнителя и интенсивности процессов окисления нефти.

По нашему мнению, для биологической индикации нефтяного загрязнения слабой и средней степени пригодны все почвенные моллюски и червецы (*Insecta*, *Homoptera*). Первые легко учитываются при почвенных раскопках, а вторые обладают высокой численностью. Обеим группам свойственна малая подвижность. Как видно из таблицы 46, отсутствие этих животных в нефтезагрязненных почвах свидетельствует о том, что в структуре сообществ беспозвоночных начались качественные изменения, а загрязнение территории соответствует содержанию более 13-15% нефти в лесной подстилке.

Таблица 46

**Групповой состав мезофауны таежных лесов Среднего Приобья
в зависимости от интенсивности нефтяного загрязнения**

Группы мезофауны	Концентрация нефти в лесной подстилке, %				
	до 15	15-20	20-30	более 30	более 50
<i>Oligochaeta</i>	+	+	—	—	—
<i>Mollusca</i>	+	—	—	—	—
<i>Myriapoda</i>	+	+	+	+	—
<i>Arachnida</i>	+	+	+	+	+
<i>Insecta</i>	+	+	+	+	+
<i>Coleoptera</i>	+	+	+	+	+
<i>Diptera</i>	+	+	+	+	—
<i>Lepidoptera</i>	+	+	+	—	—
<i>Hemiptera</i>	+	+	+	+	—
<i>Hymenoptera</i>	+	+	+	—	—
<i>Homoptera</i>	+	—	—	—	—

Примечание: «+» — присутствуют; «—» — отсутствуют.

Возможность использования таких удобных индикаторов, как *Lumbricidae* (*Oligochaeta*) ограничивается зеленомошными лесами, где их отсутствие будет показателем глубоких нарушений в сообществах. Для индикации состояния биоценозов при больших концентрациях нефти наиболее пригодны жесткокрылые (*Coleoptera*, *Insecta*).

В работе мы использовали два метода учета обилия мезофауны: определение абсолютной численности и биомассы с помощью

ручной разборки почвенных проб и учет динамической плотности активно передвигающихся подстилочных беспозвоночных ловушками Барбера. В результате исследований было установлено, что зависимости численности и динамической плотности от концентрации нефти в лесной подстилке очень сходны. Следовательно, биоиндикация общего уровня загрязнения почвы нефтью возможна с использованием показателей динамической плотности мезофауны, учесть которую гораздо легче. Однако для более глубокого тестирования нарушенных биогеоценозов необходимо использовать и другие показатели состояния сообществ педобионтов (видовой состав, трофическая структура) с привлечением метода почвенных раскопок.

Таким образом, проведенные исследования позволяют утверждать о том, что мезофауна почв таежных лесов в Среднем Приобье достаточно обильна и разнообразна для использования ее при оценке степени антропогенных нагрузок на биогеоценозы. Являясь одним из наиболее чувствительных их компонентов, она позволяет учитывать слабые и локальные воздействия, что важно при нормировании техногенного загрязнения почв. В качестве индикаторов степени загрязнения наземных экосистем нефтепродуктами можно рекомендовать всех почвенных моллюсков, дождевых червей и одного из самых массовых видов с повышенной чувствительностью к нефти — *Newsteadia floccosa* De Greer (*Insecta, Homoptera*).

Солевое загрязнение. Изучение влияния минерализованных подтоварных вод (подробнее см. разделы 3.4 и 4.1) на животных показало значительное воздействие солевого загрязнения на качественный и количественный состав фаунистических комплексов типичных для Среднего Приобья таежных экосистем (Соромотин и др., 1996). Так, если на контрольной территории было отмечено 17 видов позвоночных, то на засоленных участках лишь 5. При этом наибольшие различия с контролем отмечены на участке с большей минерализацией.

В разных систематических группах позвоночных отмечены свои виды, относительно индифферентные к солевому загрязнению и биоценотическим изменениям, связанным с ним: это ящерица живородящая, конек лесной и пашенная полевка. В то же время на засоленных участках отмечено исчезновение абсолютного доминанта естественных биоценозов — красной полевки. В еще большей степени на засоленной территории происходит уменьшение относитель-

ного количества наземных позвоночных животных: птиц — в 6 раз и млекопитающих в — 11 раз.

Резко снижается численность типично подстилочных и почвенных видов беспозвоночных: многоножек, моллюсков, личинок насекомых (табл. 47). При этом происходит перераспределение экологических групп: возрастает доля крупных, обитающих на поверхности подстилки хищных видов, в первую очередь — пауков и имаго жуков. Если средний вес одной особи в чистом биотопе составлял 1,4 мг, то на загрязненном — 3,3 мг.

Таблица 47

**Численность мезофауны на засоленном (опыт)
и чистом участках, экз/м²**

Группа мезофауны	Опыт	Контроль
<i>Moltusca</i>	1,6	3,2
<i>Arachnida</i>	0,8	1,6
<i>Chilopoda</i>	165,6	216,0
<i>Pseudoscorpiones</i>	1,6	20,8
<i>Insecta</i>	24,8	238,4
<i>Coleoptera</i>	34,4	76,8
<i>Diptera</i>	4,8	20,8
<i>Homoptera</i>	24,8	238,4
Общая численность	241,6	588,8
Биомасса, г/м ²	0,8	0,8

Приведенные данные свидетельствуют о *глубоких сдвигах в почвенном ярусе* при загрязнении экосистем нефтепромысловыми сточными водами. Несмотря на быстрые темпы восстановления нарушенных сообществ (особенно фитоценозов) при разовом воздействии, солевое загрязнение наносит большой ущерб, поскольку такие участки, во-первых, на длительное время исключаются из состава лесопродуцирующих земель, во-вторых, становятся возможными очагами распространения вторичных вредителей леса, развивающихся в мертвой древесине. Так, изучение наиболее распространенных насекомых — стволовых вредителей хвойных пород в подзоне северной тайги, проведенное Н. Г. Коломиец и Д. А. Богдановой (1998), показало, что разработка нефтяных месторождений, оказывающих очень сильное воздействие на окружающую среду, в ряде случаев создает опасность локальных нарушений экологического равновесия

и необратимого разрушения лесных экосистем в силу снижения энтомоустойчивости хвойных пород. Наибольшее значение в разрушении трансформированных лесных биоценозов имеют короеды: шестизубый (*Ips sexdentatus* Boerner), короед-типограф (*I. typographus* L.), большой сосновый (*Tomicus piniperda* L.) и черный сосновый усач (*Monochamus galloprovincialis* Oliv.). Захламление «мертвой» зоны сухой древесиной повышает пожарную опасность.

Воздействие факелов. Исследования воздействия факела на животных (Гашев и др., 1994) показали, что фауна мелких млекопитающих в факельной зоне претерпевает количественные и качественные изменения по сравнению с контролем. В спектре видов прослеживается сдвиг от преобладания сравнительно высокоспециализированных насекомоядных и хищников к доминированию пластичных синантропных видов грызунов, таких как домовая мышь. Численность мелких млекопитающих в зоне факела без видимых изменений растительности несколько возрастает, что может быть связано с улучшением микроклиматических условий под влиянием его термического воздействия. Зимний учет, однако, показал, что в это время зверьки здесь практически отсутствуют, следовательно, эта зона не является стадией переживания. По мере приближения к факелу с уменьшением общей проекции живого напочвенного покрова прослеживается снижение численности мелких млекопитающих, а в зоне угнетенного травяного покрова они полностью отсутствуют. Следы белки в зимнее время отмечены только в зоне I, тогда как заяц-беляк регулярно посещает также зоны II и III (описание зон см. раздел 4.1). В полосу без видимых изменений растительности единично заходят лоси. Видовой состав орнитофауны факельной зоны существенно не отличается от контроля, хотя по мере приближения к факелу численность мелких воробьиных уменьшается. При этом необходимо учитывать наличие опушечного эффекта и обширной зоны песчаной техногенной пустоши, в связи с чем контроль необходимо выбирать в сходных ландшафтах. На открытых местах и песчаных пустошах отмечено появление белой трясогузки, обыкновенной каменки, домового и полевого воробьев. Переувлажненная территория у факелов привлекает куликов: черныша, фифи, перевозчика, мородунку, а малый зуек обычен на песчаных участках. Мелкие насекомоядные птицы, постоянно охотящиеся на обгоревших насекомых, сами подвергаются воздействию тепла и пачкают

оперение в залитых нефтью водоемах вблизи факела; вследствие этого они могут становиться легкой добычей хищных птиц (Андреев, 1983). Имеются сведения о фактах гибели перелетных птиц в пламени факела (Lid, 1977).

При обследовании одного из факелов на Самотлорском месторождении нами был отмечен случай массовой гибели ночных насекомых, в основном представителей отряда Чешуекрылых (Lepidoptera). Были обнаружены также мумифицированные останки нескольких гадюк обыкновенных и серых жаб.

Воздействие на ихтиофауну. Под влиянием загрязнения рек изменяются видовой состав и продуктивность сообществ водных организмов. Например, в пределах Катильгинского нефтяного месторождения, расположенного в Томской области, видовое разнообразие и биомасса фитопланктона в реках снижаются в 2 раза, а зоопланктона — на 30% (Реморов и др., 1996). Ухудшение гидрохимического режима рек повлекло за собой неблагоприятные изменения в составе биоценозов зоопланктона и бентоса — основных кормовых организмов для промысловых рыб, численность и видовое разнообразие которых уменьшаются. Повышенные концентрации поллютантов, оказывая прямое воздействие на ихтиофауну, снижают выживаемость молоди, темпы роста рыб (Крохалевский, 1996).

Химическое воздействие связано с загрязнением воды и донных отложений различными веществами, используемыми при нефтедобыче, растворимыми солями и газами пластовых вод, особенно нефтью (Михайлова, 1991). А. Ю. Филатов (2003) в качестве основной причины снижения уловов и изменения качественного состава ихтиофауны Средней Оби указывает интенсивность добычи нефти в регионе, а также загрязнение притоков и магистрали Оби. В. А. Ефимов (2000) при анализе факторов, отрицательно влияющих на рост и воспроизводство рыб в пределах нефтедобывающего региона, на первое место ставит залповые сбросы загрязняющих веществ в результате аварийных ситуаций.

Результаты исследований влияния разработки нефтяных месторождений на сообщества гидробионтов бассейна реки Васюган, проведенных В. К. Попковым с соавторами (1999), показали, что основное негативное воздействие оказывается нефтяным загрязнением с территорий нефтепромыслов. На состоянии планктонных сообществ оно сказалось в виде незначительного снижения видового разнообразия.

бразия и продуктивности, изменения соотношения в доминирующем комплексе. Судя по показателям состояния планктона, на большей части речной системы ниже нефтепромыслов в воде преимущественно проявляется слабое действие нетоксичных органических веществ природного и антропогенного происхождения (в пределах 3-го класса качества — умеренно загрязненная). Наибольшее негативное воздействие вне территорий месторождений испытали сообщества донных беспозвоночных. Вблизи нефтепромыслов обнаружены участки притоков Васюгана с толстым слоем нефти на дне и полной деградацией его обитателей. Загрязненность грунтов этих притоков по состоянию зообентоса чаще всего оценивается 4-5-м классами качества (от сильно загрязненных до грязных).

Преобладающий состав загрязняющих веществ — токсический, либо загрязнение имело смешанный характер (токсическое и нетоксичное органическое). Свидетельством токсического загрязнения являлись также язвы и опухоли на теле гидробионтов, прободение и выпадение кишечника и т. д. Существенная трансформация зообентоса отмечалась также на всем отрезке ниже впадения загрязненных притоков. Токсичность загрязнения донных отложений реки Васюган в наибольшей степени проявлялась на 80-километровом участке реки вблизи источников поступления (в пределах 3-4-го класса) и в нижнем течении реки протяженностью около 180 км. На нижнем участке отрицательные экологические последствия нефтяного загрязнения реки проявились даже в большей степени, чем вблизи источников загрязнения, а устьевой участок Васюгана превратился в своеобразный коллектор-отстойник загрязненных вод и источник вторичного загрязнения воды. По состоянию зообентоса токсичность загрязнения грунтов здесь оценивалась классами 3-5. По сравнению с 1970-ми гг. на этом обширном и наиболее продуктивном участке реки в 2,5 раза снизилась биомасса зообентоса (основной кормовой базы рыб), исчезли ручейники, гораздо меньше стало моллюсков, играющих важную роль в процессах очистки воды от загрязнения. Столь же сильная угнетенность бентоса проявилась в расположенных здесь многочисленных пойменных озерах (Попков и др., 1999).

Факторами физических воздействий нефтегазопроводов в местах водных переходов на ихтиофауну являются тепловые, электрические, магнитные и акустические поля. Источником мощного электромагнитного поля, препятствующего миграции рыб в нерестовый период, стала система электрозащиты трубопроводов от коррозии.

Кроме того, при эксплуатации трубопроводов в первые годы и при их реконструкции водным экосистемам наносится ущерб за счет выноса в водотоки взвешенных частиц при эрозии речного дна, возникновения зоны повышенного содержания минеральных взвесей на большом протяжении рек, в которых происходит снижение продуктивности сообществ планктонных и бентосных организмов, нарушаются условия обитания рыб. Проведенные на ряде водоемов Обь-Иртышского бассейна исследования показали, что наибольший ущерб наносится при строительстве и эксплуатации магистральных трубопроводов на малых водотоках. В некоторых случаях вследствие допущенных при строительстве отклонений от проектов наблюдалось перемерзание водотоков, полное блокирование вышележащих участков в зимний период, возникновение заморных ситуаций и массовая гибель рыбы.

Те же самые техногенные факторы нефтедобычи, трансформирующие среду обитания животных и приводящие к снижению численности и видового разнообразия многих систематических групп, играют и положительную роль в существовании популяций представителей некоторых фаунистических комплексов. Расчистка значительных таежных пространств, занятых коренными хвойными лесами, приводит к формированию лиственных молодняков как на самих вырубках (старые разведочные скважины, сейсмопрофили и пр.), так и вдоль опушек линейных сооружений и по насыпям над трубопроводами. Строительство технологических объектов на заболоченных территориях проводится с обязательным созданием песчаных отсыпок, по краям которых образуются небольшие, хорошо прогреваемые микроводоемы. Расчистка участков на дренированных лесных землях приводит к образованию лишенных растительности «скальпированных» участков почвы. Зоны соприкасания технологической площадки и естественного биотопа становятся своеобразными природно-антропогенными экотонами, значительно повышающими биотопическое разнообразие территории нефтедобычи в целом. Общеизвестно, что именно биотопическим разнообразием во многом обусловлено и разнообразие биоты.

После трансформации многих низкопродуктивных фитоценозов прослеживается усложнение видового состава и увеличение численности мелких млекопитающих (Балахонов, Лобанова, 1988). В полсе контакта песчаных отсыпок с естественными фитоценозами ис-

ходная растительность в значительной степени сменяется пушицами и злаками. Эти растения для некоторых видов полевок представляют большую пищевую ценность, чем мхи, лишайники или кустарнички, доминирующие на ненарушенных территориях. На территории буровых площадок, где естественная растительность почти полностью уничтожена, отмечается значительное уменьшение численности всех видов мелких млекопитающих. В то же время вследствие лучшей освещенности солнцем у лиственных насаждений по краям буровой площадки увеличивается прирост растительной массы (эффект опушки). Это вызывает улучшение кормовой базы зайца-беляка и, как следствие, повышение его численности. Соответственно возрастает и численность хищников, для которых мелкие млекопитающие и зайцы служат основными объектами питания. Уже упоминавшиеся материалы исследований ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова свидетельствуют об увеличении численности в районах эксплуатируемых нефтегазовых месторождений зайца-беляка до 15-20 особей на 1000 га (фон — 2,5-4,6 особей/1 000 га), горностая — до 3-4 особей/1000 га (фон — 0,4-2,0) и лисицы — до 0,6-1,2 /1 000 га (фон — 0,2-0,5).

О положительном воздействии антропогенных факторов, связанных с нефтедобычей (смена спелых коренных насаждений кедра, ели и сосны на лиственные молодняки после рубок под промышленные объекты, пожаров и т. д.), на улучшение кормовой базы зайца-беляка и увеличение численности вида сообщает С. Н. Гашев (2000,6). Автор приводит убедительную аргументацию в пользу их благоприятного воздействия на численность лося и отмечает тенденцию тяготения лосей в летний период к разливам нефти, обусловленную ее репеллентным действием на гнус, большей продуваемостью таких мест в связи с изреживанием древесной и кустарниковой растительности (наличим соли из пластовых вод. — А. С.). Этому способствует и повышение удельного веса мелкой лиственной поросли, мелкоконтурности лесов и протяженности опушек, создающих дополнительные кормовые ресурсы для лося, особенно на месторождениях с сильно развитыми линейными объектами. В целом же, учитывая низкую степень фактора беспокойства для лося даже в густонаселенных и урбанизированных районах Европы, С. Н. Гашев предполагает, что отрицательное влияние нефтедобычи на него (в том числе и на ход его сезонных миграций) часто сильно преувеличивается. Хотя, по данным

управления охотничье-промыслового хозяйства, за период с 1975 по 1991 г. численность лося в ХМАО-Югре снизилась на 13% (вероятнее всего, это связано с браконьерством — А. С.).

В период эксплуатации умеренное фрагментирование однородных лесных массивов закономерно ведет к росту фаунистического разнообразия и значительному повышению плотности гнездящихся птиц. Открытые поверхности почвы, лишенные растительности, на границах песчаных отсыпок и минерализованных участков значительно расширяют кормовую базу насекомоядных птиц: беспозвоночные, обитающие в естественной травянистой и кустарниковой растительности, становятся хорошо заметными. Поэтому в полосе контакта площадок и дорог с растительностью создаются хорошие кормовые условия, зачастую лучшие, чем в естественных фитоценозах, что вызывает перемещение туда пернатых с сопредельных ненарушенных территорий. Это отмечается для насекомоядных воробьиных и в первую очередь — для видов-синантропов. Прослеживается закономерность: чем выше сомкнутость древесного яруса, примыкающего к буровым площадкам и дорогам, тем заметнее увеличение количества птиц в полосе контакта.

Появление у песчаных отсыпок автодорог в местах подтопления мелководных, хорошо прогреваемых водоемов, соседствующих с естественной растительностью, создает хорошие станции обитания для околотовных птиц. Эти явления подтверждаются наблюдениями Л. Г. Вартапетова (2000) об увеличении обилия трясогузок и некоторых видов куликов в районах нефтепромыслов за счет улучшения кормовых угодий (образование техногенных мелководных кормных водоемов в сочетании с песчаными насыпями гидронамывов). Указывая на неоднозначность воздействия нефтедобычи на орнитофауну промысловых птиц, Л. Г. Вартапетов полагает, что благоприятное влияние, проявляющееся в увеличении численности и видового разнообразия, кратковременно и не компенсирует уменьшения обилия гнездящихся птиц. В результате их суммарное обилие по всем нефтепромыслам в среднем уменьшается на 32% по сравнению с обилием в ненарушенных природных местах обитания. Особенно резко снижается численность куриных (на 75%), в меньшей степени — водоплавающих (на 18%), численность куликов не изменяется (Вартапетов, 2000).

В. А. Юдкин с соавторами (1996) констатируют, что техногенная трансформация ландшафтов на территории нефтегазового комплекса (без учета жилых поселков) улучшает трофические условия для большинства насекомоядных птиц и тех мелких млекопитающих, которые преимущественно потребляют фотосинтезирующие части растений и их семена, а также привлекает большее количество животных, чем аналогичные естественные местообитания. Причем самые разнообразные сочетания естественных и техногенных ландшафтов формируют новые местообитания, определяющие существенное увеличение численности животных, особенно птиц. Значения обилия на нефтепромыслах достоверно большие, чем в контроле, отмечены для чирка-свистунка (*Anas crecca* L.), галстучника (*Charadrius hiaticula* L.), малого зуйка (*Ch. Dubius* Scopoli), фифи (*Tringa glareola* L.), перевозчика (*Actitis hypoleucos* L.), кулика-воробья (*Calidris minutus* Pall.), желтой и белой трясогузок (*Motacilla flava* L, *M. alba* L.) и др. Превышение их обилия над контролем отмечается не только по средним значениям, но и во всех попарных сравнениях.

В мелководных, хорошо прогреваемых водоемах на нефтепромыслах успешно протекает размножение земноводных. Остромордая лягушка (*Rana arvalis* Nilsson) обычна в поселках и многочисленна на территории нефтепромыслов, где ее обилие достоверно выше, чем в контроле. При этом по количеству взрослых особей трансформированные урочища не отличаются от контрольных. Количество молодых лягушек на нефтепромыслах в 4 раза выше, чем в естественных урочищах, а сеголеток еще больше, и они не встречены в контроле. Суммарная плотность земноводных на нефтепромыслах за счет многочисленных сеголеток существенно выше, чем в контроле (Юдкин и др., 1996).

Обширные исследования, выполненные Л. Г. Вартапетовым и В. А. Юдкиным (1998) на севере Западной Сибири, показали увеличение численности птиц, преимущественно околотовных и водоплавающих, полевок, кормящихся вегетативными частями и семенами растений, а также земноводных в местах разработки газовых и нефтяных месторождений. По мнению авторов, это увеличение определяется улучшением репродуктивных и трофических условий для некоторых видов животных в результате техногенной трансформации ландшафтов и наиболее характерно для газопромыслов тундры и лесотундры.

Анализ трансформированных при нефтедобыче биотопов, способствующих повышению численности и видового разнообразия животных в таежной зоне, показывает, что данный эффект вызывается *формированием новых экотонов*, из которых наиболее распространенными являются: 1) просеки и опушки в лесных массивах, где изменяются условия освещенности, возрастает обилие травянистой и кустарниковой растительности, подроста лиственных деревьев; 2) края песчаных отсыпок, особенно на болотах, где происходит формирование густых березово-ивняковых зарослей; 3) подтопленные участки верховых болот с образованием открытых водоемов; 4) зарастающие площадки разведочных скважин; 5) обвалованные трассы коллекторов (особенно нагретых нефтяных); 6) свалки бытового мусора и полигоны ТБО. В перечисленных местах создаются более хорошие кормовые условия, чем в естественных фитоценозах, а также появляются дополнительные угодья для размножения, отдыха и укрытия от хищников.

Таким образом, оценивая воздействие нефтедобычи на биоту таежных экосистем, нельзя однозначно утверждать, что технологические процессы влияют на растительность и животное население территорий осваиваемых месторождений негативно. Среди специфических факторов, играющих существенную роль, следует выделить *нефтяное загрязнение*, наиболее губительно сказывающееся на гидробионтах (наряду с антикоррозийной электрозащитой трубопроводов). Другие факторы, такие как трансформация естественных ландшафтов, вырубки, гари, беспокойство, браконьерство и пр., характерны для любой деятельности человека, направленной на эксплуатацию природных ресурсов.

ГЛАВА 5

КАРКАС ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КАК ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

§ 1. КАРКАС ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Леса, реки, озера и болота Западной Сибири выполняют важные средоформирующие и средорегулирующие функции, включая функции сохранения биоразнообразия. В целях поддержания экологической устойчивости эти экосистемы нуждаются в охране, так как хозяйственная деятельность по разработке месторождений не сокращается, а, напротив, имеет тенденцию к расширению. Проблема, возникающая из этого противоречия, должна решаться не столько путем придания какого-либо статуса ООПТ отдельным участкам, сколько через поиск сбалансированных отношений в природно-техногенных системах.

Одним из главных направлений организации устойчивого природопользования в пределах таежной зоны Западной Сибири должно стать ландшафтно-экологическое планирование, основным элементом которого является экологическое зонирование лесоболотных территорий, проводимое на основе ландшафтного анализа с учетом данных лесо-, земле- и охотоустройства. Одним из элементов такого планирования традиционно считается *экологический каркас*.

Принципы выделения экологического каркаса в отечественной географической литературе впервые были сформулированы П. П. Каваляускасом (1983). А. В. Елизаров (2002) под экологическим каркасом территории понимает совокупность ее экосистем, образующих пространственно-организованную инфраструктуру, которая поддерживает экологическое равновесие территории, здоровую среду обитания человека и предотвращает потерю биоразнообразия и деградацию ландшафта. Теоретическая основа экологического каркаса состоит из нескольких научных концепций и теорий, среди которых выделяются:

— концепция оптимизации природной среды (Исаченко, 1980; Сочава, 1978);

- концепция экологической оптимизации ландшафтов (Мильков, 1986; Чибилев, 1998);
- концепция «поляризованного ландшафта» (Родоман, 1972);
- концепция биологического разнообразия как вариабельности живущих организмов любого происхождения в свете Конвенции Рио-де-Жанейро (Тишков, 1994; Чибилев, 1998);
- теория культурного ландшафта (Веденин, 2003; Кочуров, 2003; Николаев, 2000);
- теория островной биогеографии или инсультных геосистем (MacArthur, Wilson, 1967; Маршинин, 2006).

«Каркасная» концепция в области экологической оптимизации получила в России значительное развитие как одно из основных направлений территориального устройства. В настоящее время используются многочисленные понятия и термины, раскрывающие эту концепцию: «экологический каркас» (Кулешова, 1999; Елизаров, 2002; Мирзеханова, 2000), «природный каркас» (Кавалаяускас, 1985; Реймерс, 1993), «природно-экологический каркас» (Преловский, 1996); «природоохранный каркас» (Тишков, 1994), «природно-заповедный каркас» (Чибилев, 1998), «каркас устойчивости» (Шестаков, 1995), «геоэкологический каркас» (Зархина, Сохина, 1989, Востоков, 2000), «эколого-геосистемный каркас» (Матис, 1991), «пояса экологической безопасности» (Васильев, 2003).

А. В. Елизаров (2002) выделяет следующие *принципы формирования* экологического каркаса: 1) экологических коридоров (коммутиационный); 2) поляризации ландшафта (принцип Родомана); 3) буферных зон; 4) иерархических ячеек; 5) общей иерархичности устройства; 6) взаимопроникновения природной и экономической инфраструктуры; 7) мозаичности территорий разных масштабов и функций; 8) относительной экологической автономности и дискретности отдельных участков; 9) репрезентативности экосистем; 10) учета исторических тенденций в развитии территории. Использование этих принципов является обязательным условием, так как формирование экологического каркаса в первую очередь должно опираться на глубокое понимание его природной основы, в виде drobных ландшафтно-типологических единиц и соответствующих им функций.

В структуре экологического каркаса традиционно выделяют следующие структурно-функциональные элементы территории (General..., 2000):

— ключевые природные территории (экологические ядра), непосредственно обеспечивающие поддержание экологического баланса, сохранение природных комплексов и их компонентов, сохранение биоразнообразия;

— транзитные территории (экологические коридоры), благодаря которым поддерживаются экологические связи между элементами экологического каркаса;

— буферные территории, защищающие экологические ядра от внешних воздействий, охранные зоны;

— территории экологической реставрации (рекультивации, санации), на которых производится восстановление исходных природных сообществ.

К настоящему времени не существует единого механизма формирования экологических каркасов, отсутствуют единые критерии и принципы выделения территорий в экологический каркас, нет практических рекомендаций по их созданию. Разные методы взаимно дополняют друг друга и не являются самодостаточными. Условно можно выделить *два подхода*: естественно-научный и нормативно-правовой.

В рамках естественно-научного подхода большую роль в определении экологического каркаса, по мнению З. Г. Мирзехановой (2000), играет профессиональная ориентация исследователей, которые и термин, и его понятийное содержание как бы переносят на объект исследования соответствующих наук: охраны природы, геоморфологии, ландшафтоведения, лесопользования, природопользования, землеустройства и территориального планирования и др. Разработка территориальных схем экологического равновесия — экологического каркаса — должна стать одной из задач эколого-оптимизационного направления эколого-географической экспертизы (Мирзеханова, 2000).

В формирование элементов экологического каркаса могут быть заложены критерии выбора ООПТ: флористические, геоботанические (синдинамические), популяционные, ландшафтно-картометрические, исторические (Критерии и методы..., 1999). Л. Н. Шевченко и Я. И. Ющенко предлагают учитывать ландшафтно-геохимические критерии формирования и развития экосетей территорий.

Таким образом, экологический каркас можно сформировать *по нескольким направлениям*:

— по функциям: узлы (ядра) и коммуникативные элементы;

- иерархии: элементы каркаса местного, районного, регионального и глобального уровней;
- правовому статусу: различные формы ведомственных ограничений, особо охраняемые природные территории;
- экосистемному (ландшафтному) принципу: типу ландшафтной категории (фаций, урочищ и т. п.), которым элемент представлен;
- бассейновому принципу: выделению водосборных бассейнов рек разных уровней в соответствии с бассейновой концепцией (Корытный, 2001), подобно системе мониторинга Швеции (Bernes and oth., 1986; Notter, 1998).

Нормативно-правовой подход содержит ряд инструментов и механизмов, которые позволяют обеспечить рациональное природопользование в регионе:

1. Инструменты и механизмы экологического регулирования территории (программы оздоровления экологической ситуации, экологическая экспертиза).

2. Нормативно-правовые инструменты и механизмы (экологическое право, экологическое законодательство).

3. Формы организации территории в целях охраны, воспроизводства и сохранения целостности природной среды (районные планировки, функциональное зонирование ООПТ, ландшафтное планирование).

Для формирования экологического каркаса территории, помимо подробной ландшафтной карты, используются различные информационные основы, включая карты и схемы лесо-, земле- и охотоустройства, ТерКСОПы, ООПП различного ранга и т. д. Экологический каркас территории выполняет свои функции только при наличии соответствующих правовых, экономических и управленческих механизмов, которые должны быть связаны с существующим уровнем экономической инфраструктуры и технологий природопользования (Елизаров, 2002).

Организация экологического каркаса в нефтепромысловых районах Западной Сибири должна основываться на указанных выше принципах и теоретических разработках. С учетом особенностей и этапов эксплуатации отдельных месторождений необходим учет как природных особенностей, так и сложившейся структуры природопользования в освоенных регионах, обеспечивающий максимально возможное экологическое равновесие.

Интенсивное природопользование при нефтедобыче, с одной стороны, и усиливающаяся деградация естественных экосистем — с другой, показывают, что для формирования полнофункционального экологического каркаса, который обеспечил бы экологическую устойчивость территорий, существующей нормативно-правовой базы недостаточно. Поэтому при построении экологического каркаса необходимо не только опираться на нормативно-метрические критерии, но и обязательно учитывать ландшафтно-экологические особенности территории, которые пока не отражены в нормативных документах и не реализованы организационно, однако позволяют наметить перспективу устойчивого развития региона с использованием его потенциала. Сложность одновременного соответствия экономическим и экологическим требованиям в рамках сбалансированного развития при нефтедобыче требует применения новых, более совершенных интегральных форм экологического обустройства месторождений. Главную стабилизирующую роль при этом должна выполнять сеть природных зон с определенным режимом использования, которая бы устойчиво функционировала как единое целое, нейтрализуя негативные антропогенные воздействия на природную среду.

Анализ существующих подходов к созданию экологических каркасов показал, что для экологического зонирования месторождений нефти они не всегда применимы вследствие специфики и незначительных размеров большинства лицензионных участков. Для устранения этого несоответствия нами предлагается методика выделения каркаса экологической устойчивости месторождений (КЭУ) на основе биологического, ландшафтного и экологического анализов. Под КЭУ *в условиях освоения нефтяных месторождений мы понимаем совокупность природных и природно-техногенных экосистем, обеспечивающих устойчивость функционирования территории в новом равновесном состоянии (отличном от исходного) за счет сохранения наиболее значимых природных компонентов и предотвращения экстремальных проявлений техногенного воздействия.*

Основная цель создания КЭУ — поддержание средорегулирующих и средообразующих функциональных особенностей экосистем, обеспечивающих сохранение и увеличение биоразнообразия и не допускающих деградацию ландшафта. В отличие от традиционного понимания экологического каркаса (Елизаров, 2002), для территории

нефтяных месторождений, где промысловая деятельность часто является единственным видом антропогенного воздействия, КЭУ учитывает два взаимосвязанных фактора: формирование антропогенных ландшафтов и высокую потенциальную адаптивность биоты. В ходе хозяйственного освоения происходит преобразование естественного устойчивого состояния экосистем, причем, как было показано в главе 4, техногенное воздействие не всегда играет отрицательную роль. Напротив, благодаря промышленной деятельности часто происходит образование новых мест обитания, увеличивающих ландшафтное разнообразие, поэтому при оценке воздействия необходим учет геодинамических процессов и природных особенностей, представленных ландшафтной структурой.

Понятие «экологическая устойчивость» является определяющим в концепции КЭУ и одним из фундаментальных понятий экологии. Экологи понимают его по-разному. Многие полагают, что это способность:

1) к сопротивлению воздействиям и противостоянию антропогенным нагрузкам (Груздева, 1989; Камышев, 2000; Мартынов, 1994; Реймерс, 1993; Barnett D. и др., 1978; и др.);

2) восстановлению свойств, нарушенных внешним воздействием (Арманд, 1983; Дашкевич, 1984; Сочава, 1978; Гашев, 2000 и др.).

О. М. Ермилов с соавторами (2002), проведя анализ различных точек зрения, пишут о *временной* и *пространственной* устойчивости природно-технической системы (ПТС) с доминированием того или иного свойства, в качестве которого могут быть:

— инертность (способность экосистемы при внешнем воздействии сохранять исходное состояние в течение некоторого времени);

— пластичность (способность переходить из одного состояния равновесия в другое, сохраняя при этом внутренние связи);

— восстанавливаемость (способность возвращаться в исходное состояние после снятия временного внешнего воздействия).

Первые два свойства авторы трактуют как адаптационную устойчивость, третье — как регенерационную.

А. П. Камышев (2000) указывает, что при оценке устойчивости ПТС необходим обязательный комплексный учет всех природных и техногенных факторов, определяющих прямой и обратный переходы ПТС из равновесного состояния в неравновесное.

Под *экологической устойчивостью* (в концепции КЭУ) мы понимаем *способность экосистем выполнять свои средорегулирующие и средообразующие функции за счет сохранения и увеличения разнообразия абиотических и биотических компонентов*. Многие авторы указывают на то, что именно разнообразие природных систем является фактором, повышающим устойчивость. В. Б. Сочава (1978) связывает устойчивость геосистем с суммой всех динамических изменений в пределах одного качественно неизменного состояния. А. Г. Исаченко (1980) отмечает, что устойчивость зависит от свойств и разнообразия биоценозов. Значимость видового разнообразия как показателя, определяющего устойчивость сообществ позвоночных животных, подчеркивает С. Н. Гашев (2000).

Особое внимание при формировании КЭУ уделяется неблагоприятным для биоты природно-антропогенным и антропогенным процессам, поскольку именно их активизация обычно способствует снижению устойчивости и потере функциональности экосистем. *Методика создания КЭУ* основана на применении биологического, ландшафтного и экологического анализа, позволяющего выделять территории, сохранность которых имеет принципиальное значение для функционирования лесных и болотных экосистем. Данный подход предполагает *создание ландшафтной карты* (до уровня урочищ), *выделение и оценку основных природных и ресурсных функций экосистем, совмещение карты функциональности территории со схемой обустройства месторождения и выделение на основе полученных данных структурных элементов каркаса*.

При построении КЭУ обоснованным является также нормативно-правовой подход, при котором в структуру каркаса включаются земли *трех режимов* природопользования: ООПТ (заповедники, заказники, национальные парки, памятники природы т. п.), регламентируемые (водозащитные, водоохранные, санитарно-защитные, орехопромысловые зоны и т. п.) и компенсационные (буферные и охранные зоны транспортных магистралей, типичные участки ландшафтов). Создавая КЭУ, необходимо учитывать *специфику месторождения*: величину, соотношение лицензионного участка с горным отводом, степень освоенности и др. Перспективным проектно-реализуемым направлением является включение планирования КЭУ в качестве раздела при проведении процедуры ОВОС.

Таким образом, работа по построению КЭУ для территории любого месторождения включает *три основных этапа*:

- 1) создание подробной ландшафтно-экологической карты территории вплоть до ранга урочищ;
- 2) проведение экологического зонирования с выделением экологических функций для каждой ландшафтной единицы;
- 3) создание на функциональной основе КЭУ.

Проследим реализацию всех этапов на примере Еты-Пуровского месторождения, территория которого относится к Пуровско-Тазовской провинции Западно-Сибирской равнины (северотаежная подзона зоны тайги).

1-й этап. Природную основу территории составляет ее ландшафтная структура. Элементарным ПТК является фация — предельная категория геосистемной иерархии, характеризующаяся однородными условиями местоположения и местообитания и одним биоценозом. Сопряженная система фаций, объединяемых общей направленностью физико-географических процессов и относящихся к одной мезоформе рельефа на однородном субстрате, называется урочищем (Исаченко, 1991). Именно урочище обычно служит основным объектом полевой ландшафтной съемки (картирование фаций ведется только на ключевых участках), а также ландшафтного дешифрования аэрофото- и космоснимков. При выделении ландшафтов на основе их морфологического строения основной упор делается на изучение урочищ и их характерных пространственных сочетаний.

В результате составления ландшафтной карты Еты-Пуровского месторождения было выделено 72 типа урочищ, сгруппированных в 8 типов местности. Лесные и пойменные экосистемы здесь образуют соподчиненные ряды, что придает им сходство с серийными фациями. Фации были приняты за основу при проведении крупных ландшафтных исследований лесов Восточной Сибири для научного обоснования *трех принципов* устойчивого лесопользования и сохранения биоразнообразия (Черкашин, 2001):

- 1) наибольшее проявление функциональных свойств соответствует серийным фациям, где имеется наивысшая пространственная и временная неоднородность (контрастность);
- 2) экосистемы серийных фаций страдают от катастрофических воздействий в минимальной степени (пожары, наводнения), стано-

ваясь для нарушенного фациального пространства местами заселения растениями и животными;

3) совокупность серийных фаций территории образует серийную факторальную систему, ее экологический каркас — основу сохранения биоразнообразия.

На основании перечисленных принципов можно сделать *один из ключевых выводов* о том, что поддержание наибольшего биоразнообразия и других функций лесоболотных территорий связано с *серийными*, а не с коренными элементами экосистем. Именно серийные фации и урочища являются основой поддержания экологической стабильности и построения КЭУ, а выявление сопряженных урочищ — основная задача при анализе ландшафтной структуры территории. В заключение этапа была проведена функциональная оценка месторождения по каждому выделенному ландшафтному контуру и определены закономерно обусловленные сочетания (серий).

2-й этап. Природоохранная стратегия при разработке нефтяных месторождений должна включать анализ экологических функций территории. Для оценки функциональной значимости экосистем нами был использован балльный метод, предложенный В. В. Козиным (1996). Учитывались: значение каждой из выделенных экосистем для сохранения современной структуры ландшафтов, сложившиеся формы природопользования и перспективы применения ресурсов. Эколого-ландшафтный анализ показал, что экосистемы на территории месторождения выполняют следующие *природоохранные* функции:

водоохранную — в долинах рек, поймах, надпойменных террасах в пределах водоохранной зоны, акватории крупных озер с прилегающими террасами и полосой приозерной осушки;

водонакопительную — на болотах и заболоченных лесах (сфагнового, травяно-болотного типов);

стокорегулирующую — на торфяных долинообразных понижениях с болотной и лесной растительностью;

мерзлото-стабилизирующую — на бугристых болотах с ММП; напочвенный покров и торф играют теплоизолирующую роль, их разрушение может привести к растапливанию мерзлоты, повышению обводненности и развитию таких экзогенных процессов, как термокарст, солифлюкция;

противодефляционную — в разреженных сосново-лиственничных, лишайниково-кустарничковых лесах и на минеральных

островах: нарушение и гибель растительного покрова может привести к развитию эоловых процессов.

К *ресурсным* функциям территории месторождения относятся прежде всего *пастбищная* и *ягодно-грибная*.

Шкала природоохранной ценности экосистем в баллах имеет следующий вид:

- 1 (низкая) — антропогенно-нарушенные участки;
- 2 (средняя) — экосистемы верховых и переходных болот и заболоченных лесов с водозапасающей и водорегулирующей функцией;
- 3 (высокая) — экосистемы, выполняющие ландшафтно-стабилизирующую и противоэрозийную функции;
- 4 (очень высокая) — экосистемы пойм с водоохранной функцией, экосистемы с биостационарной функцией, экосистемы бугристых болот с мерзлотно-стабилизирующей функцией.

Хозяйственно-ресурсная ценность определяется следующими оценочными баллами:

- 0 (низкая) — экосистемы низинных болот, заболоченных пойм;
- 1 (средняя) — экосистемы болот, лесов;
- 2 (высокая) — экосистемы лишайниково-мохово-кустарничковых бугристых болот с пастбищной функцией; экосистемы лесов и болот со значительными ресурсами ягод и грибов.

В пределах Еты-Пуровского месторождения наиболее распространены экосистемы, выполняющие водоохранную, мерзлотно-стабилизирующую, пастбищную функции.

3-й этап. Функциональный анализ территорий нефтяных месторождений на основе детального изучения ландшафтной структуры позволяет перейти непосредственно к этапу создания КЭУ. После функционального зонирования экосистем Еты-Пуровского нефтяного месторождения нами сформирован КЭУ с выделением основных структурных элементов (рис. 27):

1. *Ключевые природные зоны* (экологические ядра, станции переживания) — это территории, непосредственно обеспечивающие поддержание экологического баланса и сохранение биоразнообразия. Они включают две инвентаризационные категории — *лесную* и *болотную*. Особенностью КЭУ является выделение ядер в пределах горного отвода с учетом предполагаемой (проектируемой) либо фактической антропогенной нагрузки. В соответствии с предложенным ранее показателем УТН и принципом «11 процентов» Реймерса — Яблокова признаком критического воздействия можно считать 12%

площади нарушенной территории. В пределах Еты-Пуровского месторождения в качестве ядер выделены лесные сообщества водораздельных равнин и минеральных островов.

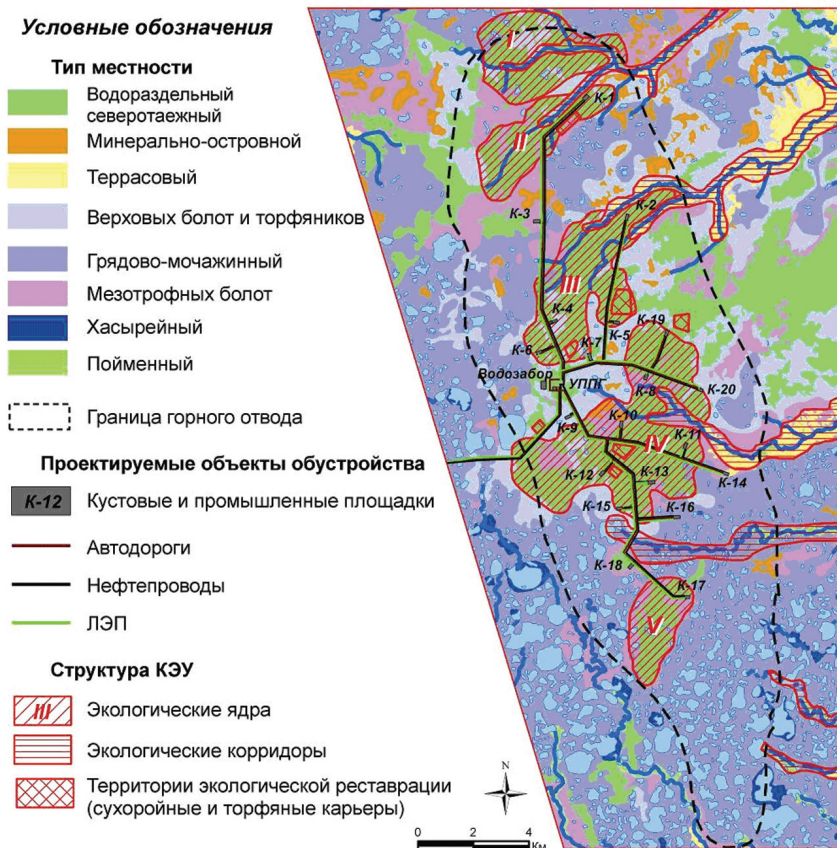


Рис. 27. Каркас экологической устойчивости Еты-Пуровского месторождения

2. Миграционные пути (экологические коридоры) выполняют транспортную функцию, являясь основными магистралями обмена веществом и энергией, по которым в основном идут перенос загрязняющих веществ и миграция животных. В соответствии с бассейновой концепцией (Корытный, 2001), к таким территориям относятся прежде

всего долины рек. Линейные объекты (дороги, просеки ЛЭП) формируют искусственные наземные экологические коридоры, экотонный режим существования которых моделирует естественные серийные фации. На примере Еты-Пуровского месторождения в качестве водных экологических коридоров выделены долины и русла основных рек.

3. *Зоны экологической реставрации (рекультивации)*, где необходимы рекультивационные работы. Для территории месторождений это, во-первых, временные объекты, создаваемые в ходе строительства: сухоройные и гидронамывные карьеры, участки рубок леса, а во-вторых, площади загрязненных земель. Для Еты-Пуровского месторождения к таким территориям относятся сухоройные карьеры.

В отличие от традиционной структуры экологического каркаса, в КЭУ не выделяются буферные зоны, что обусловлено большей активностью природной среды по отношению к антропогенным воздействиям.

При реализации КЭУ необходимо предусмотреть разработку системы природоохранных мероприятий:

- установление режима природопользования месторождения с учетом природных особенностей;
- рекомендации по предотвращению и ликвидации неблагоприятных природно-антропогенных процессов;
- программа экологического мониторинга.

Таким образом, с практической точки зрения в дальнейшем на всех нефтяных месторождениях на основе КЭУ целесообразно разрабатывать программы мониторинга состояния окружающей среды и координировать режим природопользования в зависимости от природных особенностей конкретного месторождения.

§ 2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЛИЦЕНЗИОННЫХ УЧАСТКОВ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Понятие мониторинга окружающей среды введено в отечественную науку после опубликования решений Стокгольмской конференции ООН по охране окружающей среды. Согласно им, мониторингом окружающей среды следует называть систему повторных наблюде-

ний одного и более элементов природной среды в пространстве и во времени с определенными целями в соответствии с заданной программой (Манн, 1973).

В настоящее время существует несколько определений экологического мониторинга:

— в соответствии со ставшим уже каноническим определением, данным Ю. А. Израэлем (1996), экологический мониторинг — информационная система наблюдений, оценки и прогноза изменений в состоянии окружающей среды, созданная с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов;

— статья 1 Закона «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ определяет мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) как комплексную систему наблюдения за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза его изменений под воздействием природных и антропогенных факторов;

— в соответствии со статьей 1 Закона «О гидрометеорологической службе» № 113-ФЗ, мониторинг окружающей среды, ее загрязнения есть долгосрочные наблюдения за состоянием окружающей природной среды, ее загрязнением и происходящими в ней природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния окружающей природной среды и ее загрязнения.

При оценке состояния природной среды и ее изменений под влиянием антропогенных или естественных факторов выделяются три подхода (Anderson, 1991): 1) оценка направления сукцессии в экосистеме в случае прекращения воздействия; 2) оценка интенсивности этого воздействия; 3) сравнение состояния в настоящее время и до начала интенсивного воздействия. Причем, по мнению Э. Дабровской (Dabrowska, 1985), экологический мониторинг должен основываться на изучении адаптационной реакции экосистем и их компонентов, когда воздействующий фактор или их комплекс вызывают перестройки в экосистеме, но не приводят к полной и необратимой деградации.

Ряд авторов (Rabe, 1982; Вайнерт и др., 1988; Chaphekar, 1991) на основании используемых методов исследований выделяют еще два вида мониторинга: 1) пассивный мониторинг (у свободно живущих организмов и их популяций фиксируются видимые или незаметные повреждения или отклонения от нормы, являющиеся признаками

стрессового воздействия) и 2) активный мониторинг (те же самые воздействия исследуются на тест-объектах, организмах, находящихся в стандартизированных условиях). Мы полностью поддерживаем мнение С. Н. Гашева (2000) о том, что предложенная классификация в большей степени отражает не два самостоятельных вида мониторинга, а лишь методические приемы ведения экомониторинговых исследований.

Система экологического мониторинга на территории РФ реализуется на *двух основных уровнях: государственном и производственном*. Государственный экологический мониторинг проводится специально уполномоченными государственными органами по административно-территориальному принципу, а производственный — отдельными предприятиями в пределах подотчетной территории. Система производственного экологического мониторинга может интегрироваться с государственной, а может и функционировать самостоятельно, обеспечивая соблюдение законодательных требований по охране окружающей природной среды на конкретном объекте.

В общем виде экологический мониторинг имеет целью ответ на два вопроса: каково состояние природной среды в рассматриваемый отрезок времени в сравнении с предшествующим техногенезу состоянием (в относительной или абсолютной форме) и какие изменения (положительные, отрицательные) ожидаются в природной среде в прогнозируемый отрезок времени. А. П. Камышев (1999) предлагает включить в задачи мониторинга природно-технических систем, помимо функций наблюдений и контроля, еще и функции управления состоянием наблюдаемых компонентов окружающей среды. Он определяет мониторинг как систему оперативного контроля за состоянием компонентов природно-технических систем и управления ими на всех этапах создания и функционирования сооружений, начиная от предпроектных разработок до реконструкции.

С начала разработки нефтегазовых месторождений в системе природоохранных мероприятий обязательно предусматривается экологический мониторинг по всем основным компонентам окружающей среды: атмосферному воздуху, поверхностным и грунтовым водам, почвам, растительному и животному миру. Если по атмосфере, водам и почвам методическая и нормативная база разработана достаточно хорошо и массовые работы активно проводятся на протяжении многих лет, то мониторинг биоты заметно отстает в силу специфич-

ности объектов и трудоемкости исследований. В основе большинства разработанных программ мониторинга территорий нефтегазодобычи лежит система определения концентраций загрязняющих веществ в объектах окружающей среды — система эколого-аналитического контроля.

В 2003 г. правительство ХМАО-Югры приняло постановление № 302-П «Об утверждении требований к определению исходной (фоновой) загрязненности компонентов природной среды, проектированию и ведению системы экологического мониторинга в границах лицензионных участков недр на территории Ханты-Мансийского автономного округа-Югры». Методические рекомендации по применению этих требований не содержали конкретных указаний по наблюдению за биотой при мониторинге состояния ОПС лицензионных участков. Лишь в разделе «Основные положения» содержится фраза о том, что мониторинг должен вводиться с начала разработки месторождения и вестись по всем основным компонентам окружающей среды: атмосферному воздуху, водной среде, почвам, грунтам, растительности и животному миру, а в рекомендациях к проектированию мониторинга (Методические рекомендации ..., 2004) указывается на необходимость выявления основных признаков неблагоприятных изменений среды (подтопление, переосушение территории, обеднение флоры и фауны отдельными видами растений и животных и пр.).

В 2007 г. постановлением правительства ХМАО-Югры № 31-П была проведена корректировка требований к проектированию и ведению системы локального экологического мониторинга в границах лицензионных участков недр на территории Ханты-Мансийского автономного округа-Югры. В пункте 6.2.5 Приложения № 2 к этому постановлению отмечено, что пользователь недр может проводить локальный экологический мониторинг по расширенной программе, включая наблюдения за состоянием подземных вод, почв в зоне антропогенного воздействия, состоянием биоты в соответствии с РД 52.44.2-94 «Методические указания. Охрана природы. Комплексное обследование загрязнения природных сред промышленных районов с интенсивной антропогенной нагрузкой». Так, вопрос о необходимости наблюдения за биотическими компонентами экосистем передан для решения нефтедобытчикам. Имея в виду, что мониторинг за растительностью и животным населением на территориях месторождений в прошлом проводился крайне слабо (за исключением работ

Тюменской ЛОС ВНИИЛМ, ИПОС СО РАН, НИИ экологии ТЮмГУ на отдельных месторождениях), следует ожидать полного свертывания этих исследований в будущем.

Основное внимание в указанных «Методических рекомендациях» уделяется информации о техногенной нагрузке на ОПС за отчетный год (95 позиций):

- количество нефтегазопромысловых объектов, их режимах работы;
- аварийность;
- количество загрязняющих веществ, попавших при авариях в окружающую среду;
- площади отводов и рекультивации земель;
- наличие и эффективность очистных сооружений;
- затраты на природоохранные мероприятия и пр.

Рекомендации указывают на необходимость осуществления контроля за состоянием атмосферного воздуха и снежного покрова, поверхностных вод и донных отложений, почв, ландшафтов. Приводится перечень загрязняющих веществ и параметров, подлежащих обязательному исследованию в пробах. Рекомендации определяют локальный экологический мониторинг как комплексную систему регулярных наблюдений, сбора информации, оценки и прогнозирования пространственно-временных изменений состояния компонентов окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов в границах лицензионного участка недр в период разработки месторождений. Ограничиваясь контролем лишь за техногенной нагрузкой и состоянием абиотических компонентов экосистем, мониторинг теряет продекларированную комплексность. Более того, характеристики биоты являются интегрированными показателями качественного состояния ОПС, в то время как данные по химии природных сред могут быть весьма противоречивы. В этом плане показателем один из примеров, иллюстрирующих пределы концентраций нефтепродуктов в поверхностных водах ХМАО-Югры: самое высокое содержание углеводородов в поверхностных водах (до 1,7 мг/л) отмечено на неразрабатываемых месторождениях, расположенных в возвышенной части Сибирских Увалов (Увал Нумто), в то время как на длительно эксплуатируемых месторождениях этот показатель составил 0,19–0,98 мг/л (Солодовников, 2007).

Вместе с тем статья 3 «Основные принципы охраны окружающей среды» Закона «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ утверждает, что хозяйственная и иная деятельность, оказывающая воздействие на окружающую среду, должна осуществляться на основе нескольких принципов, в том числе приоритета сохранения естественных экологических систем, природных ландшафтов и природных комплексов и сохранения биологического разнообразия. Состояние животного мира является одним из критериев оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия (утв. Минприроды РФ 30 ноября 1992 г.). При этом уточняется, что изменение разнообразия как критерий оценки состояния зооценоза в целом, необходимо рассчитывать, имея в виду, что он связан с оценкой обилия, а численность многих животных подвержена циклическим изменениям. Следовательно, необходимы многолетние наблюдения за динамикой численности характерных видов животных. Наиболее удобными для этого являются именно мониторинговые работы.

При разработке концепции мониторинга природно-технических систем севера Западной Сибири А. П. Камышев (1999) среди четырех основных принципов на первое место ставит *комплексность*, акцентируя внимание на необходимости включать *исследования всех природных компонентов*: приземных слоев атмосферы, почвенно-растительного покрова, животного мира, водных объектов, рельефа, горных пород, подземных вод, историко-археологических и рекреационных ресурсов. В. М. Калинин (2007) пишет о необходимости использования при геосистемном мониторинге комплексных показателей, среди которых указывает изменение соотношения основных трофических групп в геосистеме и уровень продуктивности фитоценозов.

Мы не ставим под сомнение информативность утвержденного порядка экологического мониторинга территорий лицензионных участков в ХМАО-Югре, а предлагаем лишь *дополнить* существующую систему новыми контролируемыми элементами с учетом КЭУ: установить обязательный *контроль* за ключевыми природными зонами и миграционными путями, испытывающими непосредственное воздействие объектов нефтедобычи и обеспечивающими восстановительные способности экосистем нарушенных территорий. Ранее указывалось,

что основная цель создания каркаса экологической устойчивости — поддержание средорегулирующих и средообразующих функциональных особенностей экосистем, обеспечивающих сохранение и увеличение биоразнообразия и не допускающих деградацию ландшафта. Основная роль в сохранении биологического разнообразия в КЭУ отводится экологическим ядрам — ключевым природным территориям, непосредственно обеспечивающим поддержание экологического баланса, сохранение природных комплексов и их компонентов. Наиболее приемлемым методом контроля за состоянием структурных элементов КЭУ является экологический мониторинг, в программу которого включены наблюдения и за биотическими компонентами таежных экосистем.

Для оценки состояния ключевых зон предлагается выделять *постоянные пробные площади* для учета величины первичной продуктивности и видового разнообразия экосистем. Контроль за состоянием водных миграционных путей необходимо осуществлять гидробиологическими и гидрохимическими методами, наземных миграционных путей — методами учета охотничье-промысловой фауны. Ежегодную динамику трансформации ключевых природных зон, наземных миграционных коридоров, а также зон экологической реставрации предлагается контролировать с использованием данных дешифрования космоснимков. Периодичность наблюдений зависит от степени техногенной нагрузки и планов недропользователей по дальнейшему освоению территории месторождения.

По нашему мнению, наиболее удачным вариантом программы мониторинга биоты наземных экосистем в таежной зоне Западной Сибири является методика, разработанная Тюменской лесной опытной станцией ВНИИЛМ под руководством Б. Е. Чижова (Создание системы..., 1998). Программа работ предусматривает:

- 1) геоботанические исследования;
- 2) изучение сообщества мелких млекопитающих;
- 3) изучение сообщества птиц;
- 4) изучение почвенных беспозвоночных животных (*автор раздела — А. С.*);
- 5) микомониторинг.

По этой методике в 1998 г. было заложено несколько постоянных пробных площадей в Нижневартовском районе. Мы не будем

останавливаться на методических деталях конкретных направлений мониторинга биоты, так как это не входит в задачи нашего исследования. Методические аспекты достаточно подробно изложены в работах С. Н. Гашева (2000), С. П. Арефьева (1998), А. В. Соромотина (2000), в монографии «Программа и методика биогеоэкологических исследований» (1974) и прочих специальных публикациях.

Таким образом, система экологического мониторинга территории нефтяного месторождения должна учитывать биотические компоненты экосистем в пределах ключевых природных зон и миграционных путей каркаса экологической устойчивости. Это позволит контролировать сохранность и восстановительную способность территорий как на самом месторождении, так и за его пределами.

ГЛАВА 6

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

§ 1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Как было показано, разработка месторождений углеводородного сырья в Западной Сибири сопровождается многими негативными экологическими последствиями. Наибольший вред окружающей природной среде приносит нефтяное загрязнение. Можно с уверенностью утверждать, что опасность попадания нефти в почву, поверхностные и грунтовые воды присутствует с самого начала работ — бурения разведочных скважин. Химические анализы образцов грунтов, амбарных вод и донных отложений в шламовых амбарах старых геологоразведочных скважин подтверждают присутствие значительных количеств различных нефтяных компонентов. Нефтяное загрязнение территорий эксплуатируемых месторождений является наиболее *актуальной природоохранной проблемой* в настоящее время.

Для снижения нефтяного «пресса» на экосистемы нефтяные компании используют *два основных вида* деятельности: первый — замена устаревающего и пришедшего в негодность оборудования (прежде всего, труб) и второй — проведение рекультивационных работ.

Необходимо отметить, что рекультивация нефтезагрязненной почвы и санация водоемов имеют давнюю историю. Причем далеко не всегда научные достижения в этой отрасли помогали производителям решать конкретные практические вопросы. В 60-е и 70-е гг. XX в. проблема нефтяного загрязнения перед экологами вообще не стояла. Например, нефть и некоторые ее компоненты рекомендовались для использования в качестве гербицидов. По мере развития нефтедобывающей отрасли, особенно в начале 1990-х гг., проблема нефтяного загрязнения территорий промыслов в экологическом аспекте уже определилась как *основная*.

Методы, используемые в технологиях очистки и восстановления нефтезагрязненных земель, можно свести к следующим: *механические* (механическое разделение, взрывы, перемешивание, экскавация и уборка нефтезагрязненных грунтов), *физико-механические* (сжигание, термодесорбция, экстракция почвы паром, промывка почвы, отверждение или стабилизация, экстракция растворителями), *химические* (дегалогенизирование, химическое восстановление либо окисление), *физико-химические* (нейтрализация нефтезагрязнений капсулированием, применение сорбентов (адсорбентов), окислительно-восстановительная деструкция), *биологические* (агротехника, использование биореактивов, фитомелиорация, биоремедиация). При этом все виды рекультивации разделяются на технологии с нарушением почвенного покрова и извлечения почвогрунтов для обработки — «*ex situ*» и технологии без извлечения почвогрунта — «*in situ*».

Мы не будем останавливаться на характеристике указанных методов, заметим лишь, что не все они безопасны для окружающей среды и применение многих из них требует значительных материальных затрат. Большинство экологов, занимающихся теоретическим и практическим изучением проблем реабилитации нефтезагрязненных земель, вполне обоснованно утверждают, что такие «методы», как засыпка разливов нефти песком и торфом, а также отжиг нефти, являются, как правило, экологически неприемлемыми. Поэтому мы считаем своим долгом выразить несогласие с мнением В. Н. Седых (2005), который пишет о том, что «...препятствовать локализации остатков нефти огнем нет никаких оснований. В связи с этим на суходолах и болотах целесообразно проводить отжиг оставшейся после механической уборки нефти как операцию, пока единственно эффективную при очистке нефтяных загрязнений» (Седых, 2005. С. 86-87). Не вдаваясь в бессмысленную дискуссию, предлагаем только представить (даже не оценивая) реальные масштабы нефтяного загрязнения и степень воздействия продуктов сгорания нефти на атмосферу, принимая во внимание доказанный нами факт (см. раздел 3.2) максимального загрязнения атмосферного воздуха при сжигании газа в факелах. Более того, горящая нефть представляет собой практически неуправляемую стихию огня, и предлагать выжигать нефтяные разливы в лесной зоне *недопустимо*.

Ввиду того, что масштабы нефтяного загрязнения в районах нефтедобычи не позволяют применять практически все технологии «*ex situ*», единственным направлением рекультивационных работ, по нашему мнению, являются технологии «*in situ*». При этом разработка эффективных способов рекультивации почв невозможна без понимания физических и биохимических процессов разложения нефти в естественных условиях. *Главная цель* — понять сущность окружающей природной среды как системы и после этого разрабатывать научно обоснованные технологии ее сохранения. Теоретические разработки по формированию и трансформации техногенных потоков, связанных с поступлением нефти и нефтепродуктов в почвенные экосистемы, описаны в ряде публикаций и в первую очередь в монографиях «Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем» (1988), «Биотехнологические методы очистки окружающей среды от техногенных загрязнений» (Логинов и др., 2000), «Изменение свойств почв под воздействием нефти и разработка системы мер по их реабилитации» (Салангина, 2003); «Нефтезагрязненные биогеоценозы: процессы образования, научные основы восстановления, медико-экологические проблемы» (Оборин и др., 2008) и др. Следует отметить достаточно глубокую изученность этого вопроса. Основные результаты проведенных исследований рассмотрены ниже.

Процесс деградации нефти на поверхности и в толще почв происходит в несколько этапов, на каждом из которых задействованы различные природные механизмы и структурные элементы нефти. Интенсивность реакций на каждом этапе зависит от ряда условий (концентрация и качественный состав нефти, почвенно-климатические условия и др.). В общем виде деградация нефти протекает в три этапа (Калачникова и др., 1985; Оборин и др., 1988).

Первый этап (продолжительностью 1-1,5 г.) характеризуется физико-химическими процессами, заключающимися в распределении нефтяных компонентов в толще почв, испарении, вымывании, ультрафиолетовом облучении. Происходит внутрисочвенное фракционирование как в латеральном, так и в радиальном направлениях. Высокомолекулярные битумные и асфальтено-смолистые вещества оседают выше по профилю (в верхнем гумусовом горизонте) и ближе к источнику разлива. Легкие низкомолекулярные водорастворимые соединения проникают в почву глубже и дальше от источника, ми-

грируя по границе минерального и органогенного горизонтов (на суглинках) на значительные расстояния, загрязняют грунтовые воды.

Основным механизмом окисления углеводородов нефти в аэробных условиях является внедрение кислорода в молекулу, замена связей с малой энергией разрыва С-С и С-Н связями с большей энергией разрыва С-О и Н-О. Среди абиотических факторов в окислении нефти ведущая роль на этом этапе принадлежит ультрафиолетовому излучению. Наиболее интенсивно подвергаются этому воздействию *n*-алканы C_{12} - C_{16} . Фотохимические процессы могут разлагать даже наиболее стойкие полициклические углеводороды. Значительные концентрации нефтепродуктов и высокая токсичность легких фракций являются причинами подавления почвенной микрофлоры и, тем самым, — резкого снижения биологической активности почв на этом этапе. Существенным фактором ускорения процесса взаимодействия углеводородов с кислородом, сопровождающегося снижением уровня свободной энергии и способного протекать самопроизвольно, является активность катализаторов и в первую очередь различных ферментов, выделяемых микрофлорой, почвенными беспозвоночными, высшими растениями (Пиковский, 1988). Снижение концентраций нефтепродуктов в почве и разложение легких токсичных фракций в течение первого этапа сопровождаются резким увеличением численности микроорганизмов.

С этого времени начинается *второй этап* самоочищения почв с преобладанием биохимических процессов окисления углеводородов нефти с конечными продуктами — водой и углекислым газом. Компоненты нефти как дополнительный источник энергии способствуют формированию специфического биоценоза с характерной структурой трофических связей и энергетического обмена, биологическое разложение нефти является причиной сукцессионных преобразований (Исмаилов, 1988).

Исследования микробного сообщества загрязненных дерново-подзолистых почв показали, что выделяются *четыре качественно отличающихся уровня загрязнения*. При *низком* уровне (зона гомеостаза) с содержанием нефтепродуктов до 0,7 мл/кг почвы (до 0,06%) наблюдаются количественные изменения микробиологических показателей, часто слабо отличимые от контроля. Для *среднего* уровня загрязнения (зона стресса) от 0,7 до 50,0 мл/кг (от 0,06 до 4,3%) характерны качественные изменения в составе почвенной

микробиоты и интенсивные количественные изменения микробиологических процессов в почве. При *высоком* уровне (зона резистентности) от 50 до 300 мл/кг (от 4,3 до 25,5%) происходит смена доминирующих форм. Интенсивность разложения нефти достигает максимальных значений. Для *очень высокого* уровня (зона репрессии) — более 300 мл/кг (>25,5%) характерны почти полное подавление развития микроорганизмов в почве и ингибирование микробиологических процессов (Звягинцев и др., 1989).

В загрязненных грунтах в течение второго этапа в резистентном интервале концентраций нефти резко увеличиваются валовая биомасса и численность микробиоты за счет развития немногочисленных видов с повышенной углеводородокисляющей активностью, при этом снижается видовое разнообразие. Формируется специфическая микрофлора с преобладанием бактерий рода *Pseudomonas*, отличающихся широким диапазоном деструктивных реакций углеводородных субстратов, даже ароматического ряда. Следует отметить также представителей родов *Vibrio*, *Arthrobacter*, *Aeromonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*. Среди дрожжей преобладают аспорогенные формы родов *Candida*, *Torulopsis*, *Rhodotorula*. Наибольшей активностью отличаются штаммы грибов нефтезагрязненных почв родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Trichoderma* (Takahashi et al., 1965; Крючкова и др., 1966; Grow et al., 1974; Atlas et al., 1976; Sextoun, Atlas, 1977; Fawet et al., 1979; Билай, Коваль, 1980; цит. по: Исмаилов, 1988). Для условий Западной Сибири максимальное относительное содержание микрофлоры приходится на 3-4-й год после разлива (Оборин и др., 1988). Конец второго этапа характеризуется снижением численности микроорганизмов.

Углеводороды исходной нефти на втором этапе претерпевают существенные изменения. В первую очередь это связано с разрушением ароматических структур. В составе нефтяных экстрактов из загрязненных почв возрастает доля смолисто-асфальтеновых компонентов. Углеводороды разлагаются в последовательности: *n*-алканы — изо- и антеизоалканы — изопреноиды — моноциклические нафтенy — прочие (Кодина, 1988). Более быстрая и предпочтительная деградация *n*-алканов доказывается возрастанием коэффициента биodeградации K_i (Гончаров, 1987):

$$K_i = (i-C_{19} + i-C_{20}) / (n-C_{17} + n-C_{18}).$$

По скорости увеличения K_i можно судить об интенсивности биологических процессов окисления нефти.

Начало *третьего этапа* определяется по исчезновению в остаточном нефтепродукте исходных и вторичных (метановых углеводородов, образовавшихся в процессе биodeградации более сложных структур) парафинов. В почвах Западной Сибири этот этап начинается через 5 лет после разлива нефти. Экстрагированный нефтепродукт состоит из битумоидов (практически не извлекаемых гексаном), отличающихся по структурному составу от исходной нефти низким содержанием метанонафтенных и высоким — смолистых фракций. Микробиологическое разложение этих веществ протекает медленно, зависит от ряда условий (увлажнения, аэрации) и может протекать 10 и более лет. С химической точки зрения процесс окисления нефти, требующий не менее 25 лет, можно считать законченным, если в хлороформенных экстрактах не содержатся нефтяные углеводороды. Хотя эти почвы могут отличаться повышенным титром углеводородокисляющих микроорганизмов (Оборин и др., 1988).

Итак, *рабочая гипотеза развития процессов деградации нефти* на поверхности и в толще почв может быть изложена следующим образом. Сырая нефть, содержащая до 50% легких (t кипения до 250°C), наиболее токсичных фракций, подвергается в первую очередь физико-химическому воздействию: испарению, вымыванию, УФ облучению и др. В результате этих процессов легкие и водорастворимые углеводороды, разлагаясь, мигрируют с места разлива. Остаточный тяжелый битуминизированный нефтепродукт подвергается биохимической деградации, причем интенсивность этого процесса находится в зависимости от концентрации нефти в субстрате и почвенных условий. Биоразложение осуществляется в основном аэробной микрофлорой, использующей для своего развития энергию окисления составных компонентов нефти. Решающее значение в этом процессе имеют микроорганизмы, осуществляющие внутриклеточное окисление углеводородов (Исмаилов, 1988). Следовательно, чтобы ускорить биodeградацию нефти, необходимо создать оптимальные условия для углеводородокисляющей микрофлоры. Естественно, что стимулирование почвенной биоты целесообразно начинать после завершения физико-химического этапа деградации нефти.

Отсутствие в настоящее время процедуры лицензирования деятельности по рекультивации нефтезагрязненных земель затрудняет

контроль и оценку качества этих работ со стороны природоохранных служб. Одним из возможных механизмов «сертификации» рекультивационных технологий может стать их *практическая апробация* в реальных условиях на специально созданных полигонах. При этом основной целью создания таких полигонов должна стать *оценка эффективности* различных методов восстановления замазученных участков. Подобные работы уже проводились и показали свою методическую эффективность (Загвоздкин и др., 2004). Весной 2002 г. управлением по охране окружающей среды Ханты-Мансийского автономного округа-Югры было принято решение о создании опытного полигона в естественных условиях на реальном нефтяном разливе и проведении на нем многолетних испытаний различных технологий. НИИ экологии ТюмГУ совместно со специалистами управления разработали методическую базу исследований, организовали испытания и проанализировали полученные результаты (Соромотин, 2006в).

Схема исследовательских работ предусматривала следующие *этапы*:

1. Выбор места и закладка полигона, оценка исходного состояния участка (май-июнь 2002 г.).
2. Проведение рекультивационных работ (июнь 2002 г. и май-июнь 2003 г.).
3. Первый аналитический контроль (сентябрь 2002 г.).
4. Второй аналитический контроль (сентябрь 2003 г.).

В силу ряда обстоятельств большая часть аварийных разливов нефти на территории ХМАО-Югры как по количеству, так и по площадям происходит на болотных массивах (Соромотин, 2004). В связи с этим полигон для оценки эффективности различных типов рекультивации было решено закладывать на верховом болоте на территории Правдинского месторождения в районе К-29 (Нефтеюганский административный район ХМАО-Югры). Общая площадь полигона составила около 2 га.

Для *оценки нефтяного загрязнения* почвы использовались:

— метод холодной экстракции четыреххлористым углеродом в анализаторе АН-2 с ИК-спектрофотометрическим окончанием для определения содержания нефтяных углеводородов;

— хроматографирование парафиновой фракции НП на газовом хроматографе «Кристалл-2000» для расчета коэффициента биогенерации K_i как количественного отношения суммы изопреноидов (пристана и фитана) к сумме нормальным алканов (C_{17} и C_{18});

— метод тонкослойной хроматографии на пластинках «Silufol» для определения содержания парафинов, смол и ароматических фракции в экстрактах из почвенных образцов.

В ходе микробиологических исследований определялось общее микробное число (ОМЧ), а также титры следующих физиологических групп микроорганизмов: грибов, дрожжей, актиномицет, углеводородокисляющих бактерий аэробов и анаэробов (УОБ), сульфатовосстанавливающих бактерий (СВБ), метанобразующие, нитрификаторы I и II фаз, денитрификаторы, аммонификаторы, целлюлозоразлагающих аэробов и анаэробов.

В испытательных работах приняли участие следующие предприятия и технологии:

— ООО «Салют Технолоджис-вест» (Москва) совместно с ОАО «Юганскнефтегаз» (Нефтеюганск) осуществляли рекультивацию с помощью биодеструктора «Дизойл»;

— ГУП «Опытный завод АН Башкортостан» (Уфа) использовал биопрепарат «Ленойл»;

— ООО «Газстройинвест» (Сургут) использовал биосорбент «Униполимер-БИО»;

— ООО «Сервисэкология» (Нефтеюганск) применял комплексную рекультивацию с использованием биопрепаратов «Деградойлас» и «МД» с последующим высевом трав.

Определение исходных концентраций НП выявило достаточно неравномерное распределение загрязнителя по полигону. Наименьшее среднее значение было на участке ГУП «Опытный завод ...», а наибольшее — на участке ООО «Сервисэкология». Анализ распределения нефти по горизонтам показал: большая ее часть локализуется в верхнем горизонте, что связано с высоким уровнем грунтовых вод и адсорбционной способностью мха и торфа по отношению к нефти (табл. 48).

В результате анализа качественного состава исходного нефтяного загрязнения установлено, что динамический диапазон различных групп веществ нефти очень велик, причем его значительную часть составляют парафины — до 90% (216-710 г/кг). Это свидетельствует о том, что нефтяное загрязнение территории полигона было относительно свежим и находилось на начальной стадии трансформации. Удельное содержание аренов в экстрактах составило до 30% (76,3-112,7 г/кг), удельная доля смол была низка — не более 10% (19,1-70,6 г/кг).

Исходные концентрации НП в почве полигона, г/кг

Предприятие	НП	max	min	Среднее
«Салют ...»	459,4	945,0	30,0	261,9
	64,4	109,0	1,0	
«Опытный завод ...»	272,4	897,0	1,0	165,1
	57,7	396,0	0,5	
«Газстройинвест»	489,5	971,0	74,0	296,7
	103,8	919,0	3,0	
«Сервисэкология»	535,9	970,0	29,0	407,2
	278,4	946,0	10,0	
Среднее по полигону	439,3	970,0	1,0	282,7
	126,1	946,0	0,5	
Контроль	517,7	983,0	20,0	449,5
	381,3	841,0	16,0	

Примечание: в числителе указаны данные для верхнего горизонта (0-5 см), в знаменателе — для нижнего (5-20 см)

Величины значений коэффициентов биodeградации (K_i) исходных субстратов до начала испытаний варьируют в диапазоне от 0,80 единиц на участках «Салют технологист вест» и «Опытного завода ...» до 2,62 на участке «Газстройинвест». Значит, с одной стороны, можно судить о сложной истории данного разлива (например, о многократном загрязнении), а с другой — о различной интенсивности естественных биохимических процессов на разных участках полигона. Этот факт снова отражает вполне реальные и типичные условия большинства нефтяных разливов.

Микробиологические тесты показали достаточную однородность исходных количественных показателей для основных физиологических групп микроорганизмов по всему полигону.

Спустя 3 месяца после проведения работ (первый аналитический контроль осенью 2002 г.) на опытном участке полигона в целом наблюдалось уменьшение концентрации НП в 1,4 раза. Необходимо отметить, что такое снижение является незначительным, особенно если учесть, что применялись методы с внесением бактериальных

препаратов. Полученные результаты объясняются тем, что после проведения обработок произошло дополнительное загрязнение полигона в результате повторной утечки нефти из коллектора. В то же время отсутствие восстановительных работ на контрольном участке не привело к снижению содержания ПН (табл. 49).

Таблица 49

**Концентрации НП в почве различных участков
полигона осенью 2002 г., г/кг**

Предприятие	НП	max	min	Среднее
«Салют ...»	419,1	681,8	156,2	233,5
	47,8	180,8	1,6	
«Опытный завод ...»	273,8	704,9	1,3	145,8
	17,8	97,7	0,2	
«Газстройинвест»	47,8	113,7	6,7	46,4
	44,9	153,2	0,4	
«Сервисэкология»	418,7	895,1	61,3	338,9
	259,1	803,0	0,8	
Среднее по полигону	298,9	895,1	1,3	195,6
	92,4	803,0	0,2	
Контроль	674,0	903,4	98,4	592,3
	510,6	740,0	20,2	

Примечание: в числителе указаны данные для верхнего горизонта (0-5 см), в знаменателе — для нижнего (5-20 см).

Наиболее значимое уменьшение концентрации НП отмечено для участка ООО «Газстройинвест» — в 6,4 раза и незначительное — в секторах других участников испытаний.

В вертикальном распределении загрязнения значительных изменений не произошло практически на всем полигоне, за исключением участка ООО «Газстройинвест», где за счет использованного биосорбента концентрации в верхнем и нижнем горизонтах выровнялись. При этом снижение содержания НП в верхнем горизонте превысило 10-кратный рубеж, т. е. технология, основанная на сорбционном эффекте вносимого материала, позволяет за короткий отрезок времени, не прибегая к рыхлению, резко снизить концентрации в верхнем,

наиболее загрязненном почвенном горизонте. Это *главная и наиболее значимая* отличительная особенность данной технологии. Причем и в нижнем горизонте этого участка концентрация снизилась более чем в 2 раза. Кроме того, на следующий год (2003-й) большая часть поверхности участка, обработанного «Униполимером-БИО», приобрела зеленый цвет благодаря развитию сине-зеленых водорослей. Субстратом для водорослей и бактерий послужили частицы пеноизола, входившего в состав этого сорбента.

Вызывает интерес факт более чем трехкратного снижения концентраций нефти в нижнем почвенном горизонте на участке «Опытный завод ...». На других участках значительных изменений как в верхних, так и в нижних анализируемых горизонтах не отмечено.

Анализ изменения качественного состава нефтепродуктов к осени 2002 г. показал, что на двух опытных участках («Опытный завод ...» и «Газстройинвест») отношение аренов к парафинам после рекультивации заметно увеличилось, особенно в поверхностном слое. Нарастание удельной доли аренов по сравнению с парафинами свидетельствует об успешности начальных стадий трансформации нефти, когда разлагаются преимущественно парафиновые углеводороды. На участках «Салют Технолджис-вест» и «Сервисэкология», а также на контрольном участке это отношение практически не изменилось (табл. 50).

Таблица 50

**Соотношение аренов/парафинов
и смол/парафинов в нефтяных экстрактах (2002 г.)**

Участник	Арены/парафины		Смолы/парафины	
	начало работ	осень	начало работ	осень
«Салют ...»	0,30	0,40	0,07	0,08
«Опытный завод ...»	0,45	0,65	0,08	0,09
«Газстройинвест»	0,10	0,32	0,10	0,09
«Сервисэкология»	0,19	0,18	0,11	0,09
Контроль	0,16	0,15	0,06	0,06

Расчет значений коэффициентов биodeградации (K_i) из осенних проб 2002 г. выявил увеличение этого показателя для двух участков — «Салют Технолджис-вест» и «Опытного завода ...» (табл. 51). На остальных участках, так же как и в контроле, значения коэффици-

ента снизились. Это подтверждает факт повторного, и неравномерного залива значительной территории полигона свежей нефтью. Остается сожалеть, что, с одной стороны, «чистота» эксперимента нарушена, но, с другой стороны, мы получили действительно реальные условия, как нельзя ближе соответствующие действительности.

Таблица 51

**Значения коэффициентов биодegradации (K_i)
на разных участках полигона (2002 г.)**

Название фирмы	До начала работ	Осень
«Салют ...»	0,76	1,34
«Опытный завод...»	0,71	1,76
«Газстройинвест»	2,62	0,65
«Сервисэкология»	1,60	0,61
Контроль	1,02	0,56

Анализ значений K_i осенью 2003 г. показал увеличение их значений на двух участках — «Салют Технолджис-вест» и «Опытный завод ...». На остальных участках, так же как и в контроле, значения коэффициента снизились. Это подтверждает факт повторного загрязнения территории полигона.

Результаты изучения эффективности различных технологий по снижению содержания НП за 2 года наблюдений (усреднено по верхнему и нижнему горизонтам) представлены в таблице 52. Очевидно, что наилучший результат показали технологические решения, представленные «Газстройинвест» и «Сервисэкология». «Газстройинвест» добился значительных результатов в первый летний сезон за счет высокой эффективности биосорбента, а «Сервисэкология», используя комплексные агроприемы с внесением биопрепаратов, причем именно эта технология наиболее успешно справилась с повторным загрязнением полигона. Следует отметить, что обычное внесение бактериальных препаратов в реальных условиях никак себя не проявило.

Проанализировав данные микробиологических тестов, можно сделать *следующие общие выводы* (табл. 53):

1. ООО «Салют Технолджис-вест». Общее микробное число (ОМЧ) в результате обработок резко возросло — с 10^3 клеток на грамм до 10^6 за счет дрожжей (в первую очередь) и актиномицетов.

Дрожжи увеличили численность на 5 порядков — в 100 000 раз. Видимо, именно эта группа составляет основу внесенного препарата. В то же время титр группы углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ) как аэробов, так и анаэробов, увеличился незначительно. Необходимо отметить, что промежуточный контроль на этом участке осенью 2002 г. особых отличий от исходного состояния не выявил.

Таблица 52

**Эффективность деградации нефтепродуктов
за двухлетний период**

Предприятие	Снижение концентрации НП, раз		
	Осень 2002	Осень 2003	Суммарно
«Салют ...»	1,12	0,96	1,17
«Опытный завод ...»	1,13	0,61	0,69
«Газстройинвест»	6,39	0,26	1,63
«Сервисэкология»	1,20	1,32	1,58

Таблица 53

**Результаты микробиологических анализов
на разных участках полигона**

Участок	ОМЧ	Грибы	Дрожжи	Актиномицеты	УОМ аэробы	УОМ анаэробы	СВБ
«Салют ...»: до рекультивации осень 2003 г.	10^3 - 10^4 10^5 - 10^6	10^4 - 10^5 10^6 - 10^7	10^4 - 10^6 10^9 - 10^{10}	10^4 - 10^6 10^7 - 10^8	10^4 - 10^5 10^5 - 10^7	10^5 - 10^6 10^6 - 10^7	— +
«Опытный завод...»: до рекультивации осень 2003 г.	10^3 - 10^5 10^4 - 10^7	10^4 - 10^6 10^6 - 10^7	10^5 - 10^7 10^8	10^6 - 10^8 10^7 - 10^8	10^4 - 10^6 10^6	10^6 - 10^7 10^6 - 10^7	— +
«Газстройинвест»: до рекультивации осень 2003 г.	10^4 - 10^5 10^5	10^5 - 10^6 10^6 - 10^7	10^6 - 10^8 10^7	10^6 - 10^8 10^6 - 10^8	10^4 - 10^6 10^6 - 10^7	10^5 - 10^7 10^6 - 10^7	— +
«Сервисэкология»: до рекультивации осень 2003 г.	10^3 - 10^5 10^5 - 10^7	10^4 - 10^6 10^6 - 10^7	10^5 - 10^7 10^7 - 10^9	10^5 - 10^8 10^6 - 10^8	10^4 - 10^6 10^7 - 10^8	10^5 - 10^6 10^8 - 10^{10}	— +

Примечание: ОМЧ-общее микробное число,
СВБ-сульфатвосстанавливающие бактерии.

2. ГУП «Опытный завод ...». На данном участке особых изменений по микробиологическим показателям не отмечено. Наблюдается незначительное увеличение ОМЧ также за счет дрожжей.

3. ООО «Газстройинвест». Никаких изменений вообще не произошло, хотя осенью 2002 г. было отмечено незначительное возрастание ОМЧ и УОМ.

4. ООО «Сервисэкология». Результаты промежуточных анализов (осень 2002 г.) свидетельствовали об отсутствии какого-либо стимулирующего воздействия на микробиоценоз обработанного участка. Осенью 2003 г. картина изменилась: отмечено незначительное увеличение ОМЧ и резкое, до 4 порядков, увеличение численности УОБ, особенно анаэробов, а также дрожжей. Это свидетельствует о высоком биологическом потенциале данного участка в разложении НП.

Отличительной особенностью состояния территории полигона осенью 2003 г. является интенсивное развитие сульфатвосстанавливающих бактерий практически во всех пробах, за исключением контроля. Это может указывать на то, что к разложению НП подключилась и эта группа микроорганизмов. СВБ способны усваивать, особенно в анаэробных условиях, промежуточные продукты окисления нефти. Этот процесс сопровождается образованием сероводорода, что было зафиксировано органолептически при отборе проб.

Проведенные исследования показали, что почвы полигона обладают *значительным естественным восстановительным потенциалом*, обеспечиваемым высокими титрами природных УОБ (до 10^8 живых клеток на 1 г почвы). При этом *наиболее перспективными методами рекультивации* нефтяного загрязнения болотных почв в условиях Среднего Приобья следует считать использование комплексного агротехнического метода стимулирования аборигенной микрофлоры с обязательным первоначальным внесением на сильнозагрязненных участках экологически нейтральных биосорбентов. Внесение бактериальных препаратов ощутимых преимуществ не дало.

Сходные результаты лабораторных испытаний представлены в работе Н. Н. Терещенко с соавторами (2002). Ими показано, что максимальное количество УВ-окисляющих микроорганизмов на первые 7-10 суток опыта отмечалось при использовании чистого минерала-мелиоранта без микробного препарата. Численность УОМ при контрольном варианте и применении минерала-мелиоранта с микробным препаратом была почти в 5 раз ниже. Учитывая высо-

кий титр естественных УОМ, внесение культур нефтеусваивающих микроорганизмов в торфяные почвы северных регионов не оправдано не только с экономической, но и с экологической точки зрения. Чрезвычайно низкий титр интродуцированной микробной культуры приводит к ее быстрой элиминации из состава микробного ценоза почвы по причине сильной конкуренции с доминирующими аборигенными видами (Терещенко и др., 2002). При исследовании почвенных микробиоценозов после обработок бакпрепаратом «Деградойл» на месторождениях Нефтеюганского района нами также установлено снижение естественного титра УОМ с 10^6 - 10^7 клеток/г до 10^2 - 10^4 .

Обычная практика внесения бактериальных препаратов с рабочим титром 10^{10} клеток/г суспензии и дозой внесения 100-200 кг/га при обработке на глубину 20-30 см обеспечивает плотность микробной культуры не более чем 10^2 - 10^3 клеток на 1 г почвы. Это примерно в 10 тыс. раз меньше, чем плотность аборигенной нефтеусваивающей микрофлоры торфяных почв (Алексеева и др., 1998).

Таким образом, *биологическими основами рекультивации нефтяного загрязнения* в таежной зоне Западной Сибири следует считать:

1. Преимущественно бактериальный механизм окончательного разложения нефти, интенсивность и характер которого определяются функциональной активностью УОМ, способных усваивать нефть в качестве единственного источника углерода (Самосова и др., 1982; Исмаилов, 1988; Doff, Stelof, 1989). Самоочищение почвы от нефтяного загрязнения возможно благодаря физическому изменению состава нефти в загрязненных грунтах. В адаптивном интервале концентраций нефти в субстрате резко увеличиваются валовая биомасса и численность микробиоты, при этом снижается видовое разнообразие за счет преимущественного развития немногочисленных видов с повышенной углеводородокисляющей активностью. По наблюдениям А. И. Таскаева с соавторами (2004), по численности среди различных трофических групп на первый план выходит группа аммонифицирующей микрофлоры, многие представители которой относятся к активным нефтедеструкторам. Возможно формирование специфической микрофлоры с преобладанием бактерий рода *Pseudomonas*, отличающихся широким диапазоном деструктивных реакций углеводородных субстратов (Оборин и др., 1988).

2. Высокая численность УОМ в почвенном покрове нефтегазоносных территорий Западной Сибири, особенно в торфяных загрязненных почвах и мочажинах болот (табл. 54).

Таблица 54

Содержание УОМ в чистых и нефтезагрязненных природных субстратах на нефтегазовых месторождениях ХМАО-Югры

Субстрат	Титр УОМ
Водоем чистый, кл/мл	102-104
Водоем загрязненный, кл/мл	107-109
Почва чистая, кл/г	103-105
Почва загрязненная, кл/г	106-108

А. А. Назаров с соавторами (1998) приводят данные о численности УОМ в нефтезагрязненной почве (торф) на месторождении Олень (север Томской области) — $1,5 \cdot 10^6$ клеток/г. Торфяные почвы северных регионов Западной Сибири, согласно исследованиям Н. Н. Терещенко с соавторами (2002), содержат значительное количество УОМ, численность которых после нефтеразливов может возрастать на 2-3 порядка и составлять не менее 10^7 клеток на 1 г почвы. Причем наличие естественных УОМ в нефтезагрязненных почвах не является региональной особенностью Западной Сибири: о высоких титрах УОМ в почвах Баирского месторождения Республики Калмыкия сообщает О. Б. Сопрунова (2005). По сведениям Э. В. Карасева с соавт. (2005), чистая плодородная почва в Тбилисском районе Краснодарского края содержит 10^5 - 10^6 КОЕ/г и 10^4 - 10^5 — загрязненная тенгизской нефтью (Карасева и др., 2005). Наши микробиологические анализы нефтезагрязненной почвы в районе г. Краснодара показали наличие УОМ в количестве 10^4 клеток /г.

Проведенный нами анализ результатов испытаний различных технологий рекультивации нефтезагрязненных земель на опытном полигоне показал, что максимальный эффект был достигнут при создании чистого слоя гранулированного биоинертного субстрата (который в условиях переувлажнения быстро оброс сине-зелеными водорослями) с минеральной подкормкой, без внесения накопительных культур бактерий. Микробиологическими исследованиями установлено, что титр УОМ в почве этого участка в среднем на порядок

выше, чем в контроле: для аэробов — 10^6 и для анаэробов — 10^7 при фоновых значениях контроля 10^5 и 10^6 , соответственно. Следовательно, для ускорения биodeградации нефти необходимо создать оптимальные условия для УОМ — компенсировать нехватку азота и фосфора и улучшить аэрацию.

На биологическом этапе рекультивации замазученных почв для окончательной деградации нефти и улучшения агрофизических свойств почвы необходимо предусматривать, как минимум, два направления работ:

- фитомелиорационное и агротехническое стимулирование почвенной углеводородокисляющей микрофлоры;
- формирование устойчивых травостоев или подроста древесных пород.

Первое направление — биоремедиация (т. е. биологическое очищение) почвы путем активизации биоразложения нефти с помощью удобрений, агротехники и т. п. *Второе* — это восстановление растительного покрова. Причем травянистая растительность рассматривается нами, с одной стороны, как итог и показатель эффективности реабилитационных работ, а с другой — как метод активизации почвенной микрофлоры за счет фитомелиоративного эффекта корневых частей растений.

Биоремедиация (*bio* — жизнь, *remedio* — лечение), в понимании В. В. Велькова (1995), — это биостимуляция природных микроорганизмов (микробного ценоза) путем внесения удобрений непосредственно в очищаемый участок природной среды или путем накопления в лаборатории препарата тех микроорганизмов из загрязненного ценоза, которые способны наиболее эффективно утилизировать определенный загрязнитель. Это может быть и улучшение природного ценоза путем внесения относительно больших количеств специализированных микроорганизмов, которые ранее были выделены, отобраны микробиологическими методами и размножены в виде биопрепарата. Во всех случаях биоремедиация предполагает создание на очищаемом участке среды высоких концентраций биогенов (удобрений) и клеток активно размножающихся микробных сообществ (бактерий, актиномицетов, грибов и водорослей).

По нашему мнению, основой рекультивации нефтезагрязненных земель в условиях Западной Сибири на биологическом этапе должна быть именно биоремедиация, направленная на стимулирование

естественной углеводородокисляющей биоты *«in situ»*. Иначе говоря, использование бактериальных препаратов, даже созданных на основе высокоактивных аборигенных штаммов УОМ, должно ограничиваться исключительно водными объектами техногенного происхождения (шламовые амбары, небольшие водоемы вдоль автодорог и пр.). В подтверждение можно привести мнение заведующего кафедрой биологии почв факультета почвоведения МГУ Д. Г. Звягинцева о том, что внесение микроорганизмов при рекультивации нефтезагрязненных почв среди прочих технологических приемов стоит на последнем месте, так как в любой почве все эти микроорганизмы имеются (Звягинцев и др., 2005).

Мы согласны с Н. М. Исмаиловым и Ю. И. Пиковским (1988) в вопросе о том, что концепция восстановления загрязненных экосистем должна опираться на *принцип ненанесения экосистеме большего вреда*, чем тот, который уже нанесен при загрязнении. При этом необходимо максимально мобилизовать внутренние ресурсы экосистемы на восстановление своих первоначальных функций. Рекультивация, по определению этих исследователей, есть продолжение процесса самоочищения, при котором используются природные резервы экосистемы: климатические, микробиологические, ландшафтно-биохимические.

Необходимо добавить, что постановлением правительства ХМАО-Югры от 10 декабря 2004 г. № 466-п утверждены региональные нормативы «Допустимое остаточное содержание нефти и нефтепродуктов в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ на территории Ханты-Мансийского автономного округа-Югры», цель которых — сохранение биологического разнообразия и предотвращение негативного воздействия на почвенные экосистемы, ограничение и регламентация уровня загрязнения почв и земель нефтяными углеводородами. Нормативы предназначены для применения контролирующими органами и хозяйствующими субъектами при оценке состояния земель после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ. ХМАО-Югра является единственным субъектом Российской Федерации, где разработан и принят такой нормативный документ.

Таким образом, успешность рекультивации нефтезагрязненных земель в таежной зоне Западной Сибири основывается на естественной способности экосистем к самовосстановлению за счет высокой

численности аборигенной углеводородокисляющей микрофлоры и ее способности к разложению углеводов нефти.

§ 2. РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫЙ ФОНД НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Как уже было показано, наибольшую угрозу для таежных экосистем представляет нефтяное загрязнение. Нефтезагрязненные земли — это одно из негативных последствий ведения нефтепромысловых работ, сопровождаемое изъятием земель из оборота, нарушением их природно-ресурсного потенциала. В последние годы наметилась устойчивая тенденция к увеличению площади нерекультивированных нефтезагрязненных земель, которое значительно превышает скорость рекультивации. Сложившаяся в регионах добычи крайне напряженная экологическая ситуация привлекает постоянное внимание со стороны местных и федеральных административных и надзорных органов. При принятии конкретных управленческих решений требуется проведение предварительных аналитических работ. Любые аналитические исследования и сравнения, в основе которых лежит территориальное деление объектов, сталкиваются с проблемой выбора принципа разграничения этих объектов в пространстве.

Чаще всего реализуются два методических подхода: выделение природных границ (геоморфологических, ландшафтных, геоботанических и пр.) либо территориально-административных (государства, области, района, города и пр.). Первый подход, без всякого сомнения, является предпочтительным, когда проводится оценка состояния площадных объектов и необходимо выявить их природную составляющую. Он был реализован нами в главе 5. При проведении экологического анализа исследователь часто сталкивается с проблемой поиска необходимого объема и качества статистических данных об объектах сравнения, так как официальные сведения формируются по административно-территориальному принципу. Административно-территориальное разграничение территорий, основанное на социально-экономической основе, далеко не всегда совпа-

дает с границами природных структур (наиболее часто используются лишь линии водоразделов).

В этом разделе мы попытаемся оценить экологическую ситуацию на территории ХМАО-Югры на основе *административного разграничения*. Использование административно-территориального принципа обусловлено, во-первых, наличием большого объема официальной информации по выбранным объектам и критериям, а во-вторых, принятие управленческих решений, как правило, основано на официальных статистических данных и реализуются эти решения чаще всего на уровне муниципальных образований (административных районов, городов, поселков).

На стадии добычи ведущим показателем экологической ситуации на месторождениях является масштаб нефтяного загрязнения. Для формальной оценки степени воздействия нефтегазового комплекса на ОПС региона нами предлагается рассчитывать, наряду с другими показателями, рекультивационный фонд нефтезагрязненных земель (РФНЗЗ). В широком понимании, к РФНЗЗ *относятся все земли, загрязненные нефтью и нефтепродуктами* в результате хозяйственного использования. В узком понимании, к РФНЗЗ *относятся участки земель лесного и водного фонда, земли запаса, загрязненные в ходе разработки месторождений углеводородного сырья нефтью, нефтепродуктами и нефтесодержащими нефтепромысловыми сточными водами*. РФНЗЗ входит в состав рекультивационного фонда нарушенных земель (РФНЗ), образовавшихся в результате освоения месторождений. РФНЗ формируется из *планового* фонда (подлежащих рекультивации земель временных и долгосрочных отводов) и *внепланового* (нарушенных земель за пределами отводов, в том числе загрязненных нефтью, минерализованными водами, буровыми отходами, дефляционных раздувов, не-санкционированных свалок, гарей и пр.). РФНЗЗ всегда признается внеплановым (в силу специфики рекультивации), рассчитывается в гектарах и формируется за счет накопленного с начала освоения месторождений до начала текущего отчетного периода (1 января с. г.) фонда нефтяных загрязнений (НФНЗ) и нефтяного загрязнения текущего года (НЗТГ), исключая площади всех рекультивированных и принятых землевладельцем земель (РЗ):

$$\text{РФНЗЗ} = \text{НФНЗ} + \text{НЗТГ} - \text{РЗ}.$$

Если разницу между НФЗ и РЗ представить как переходящий фонд нефтезагрязненных земель (ПФЗЗ), то уравнение можно записать так:

$$\text{РФЗЗ} = \text{ПФЗЗ} + \text{НЗТГ}.$$

РФЗЗ рассчитывался нами по формуле:

$$\text{РФЗЗ}_n = \text{РФЗЗ}_{n-1} + \text{НЗТГ}_{n-1} - \text{РЗ}_n,$$

где n — год наблюдений.

РФЗЗ может вычисляться как для отдельных месторождений, так и для административных образований. Анализ динамики РФЗЗ для всей территории ХМАО-Югры показывает, что для решения проблемы нефтяного загрязнения существующих объемов рекультивационных работ в последние годы явно недостаточно (рис. 28).

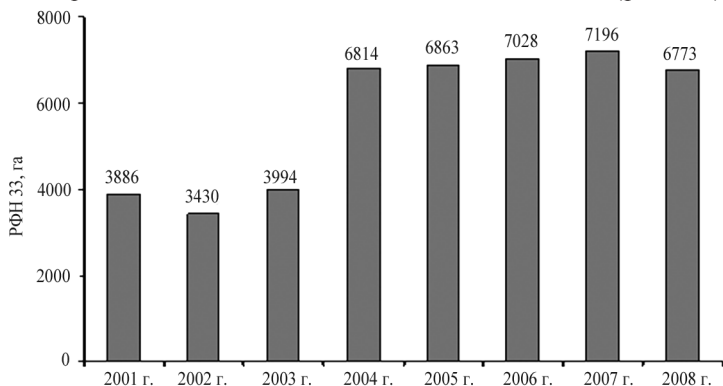


Рис. 28. Динамика рекультивационного фонда нефтезагрязненных земель (РФЗЗ) на территории ХМАО-Югры с 2001 по 2008 г.

Для оценки экологической напряженности на территориях нами предлагается коэффициент $K_{эн}$, рассчитанный по формуле:

$$K_{эн} = \text{РФЗЗ} / S_p * 1000,$$

где РФЗЗ — рекультивационный фонд нефтезагрязненных земель;
 S_p — площадь административного района.

Результаты расчетов экологической напряженности по коэффициенту $K_{эн}$ для нефтедобывающих административных районов ХМАО-Югры представлены в таблице 55. Очевидно, что наиболее неблагоприятная обстановка складывается в Нефтеюганском и Нижневартовском районах.

**Уровни экологической напряженности
на территории ХМАО-Югры**

Район	$K_{\text{эн}}$
Нефтеюганский	0,700
Нижневартовский	0,400
Сургутский	0,100
Ханты-Мансийский	0,010
Кондинский	0,010
Октябрьский	0,020
Советский	0,001

Отставание рекультивационных работ от увеличивающихся площадей нефтезагрязненных земель подтверждается мнением В. А. Долингера, который указывает на низкие темпы и качество рекультивации нефтезагрязненных земель: ежегодно очищается и восстанавливается лишь 10% загрязненных нефтяными углеводородами земель, площадь которых, по сведениям нефтяников, не превышает 7 тыс. га, а по экспертным оценкам организаций автономного округа, осуществляющих экологический мониторинг, площадь таких земель в 6 раз больше, т. е. около 40 тыс. га. Это свидетельствует о возрастающей угрозе вторичного загрязнения земель и водных объектов в результате миграции нефтяных углеводородов, химических реагентов и других загрязняющих веществ в паводковый период, а также естественным путем через грунтовые воды, путем вымывания осадками в виде дождя либо талыми водами, диффузным и иными путями (Долингер, 2010).

Зная закономерности формирования нефтяного загрязнения в регионе и возможности предприятий по рекультивации, можно прогнозировать динамику РФНЗЗ. Одним из направлений стимуляции рекультивационных работ, снижающих РФНЗЗ, может служить *введение «рекультивационных» отчислений* денежных средств в специальный фонд, создаваемый еще на стадии проектирования и разработки технико-экономического обоснования проекта по добыче нефти путем включения этих затрат в себестоимость продукции по основной деятельности. Другим — *экологические фонды* админи-

стративных территорий, формируемые за счет природоохранных авансовых или страховых платежей предприятий-недропользователей.

Если полагать нефтяное загрязнение неизбежным спутником нефтедобычи, а при существующих технологиях и производственной культуре так оно и есть, то идеальной можно считать ситуацию, когда РФНЗЗ равняется сумме ПФНЗЗ, накопленного за 3 последних года (именно такой срок необходим, чтобы убедиться в успешности рекультивационных мероприятий и сдать участок землевладельцу) и площадей разливов текущего года.

Таким образом, динамика рекультивационного фонда нефтезагрязненных земель, которая отражает успешность рекультивационных мероприятий и степень остаточной нефтяной нагрузки на экосистемы, может использоваться для характеристики экологической напряженности в нефтедобывающих регионах

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение различных методологических аспектов оценки техногенного воздействия на природную среду в условиях нефтедобычи показало, что методологической базой для комплексного анализа трансформации природных экосистем может быть *предметно-ориентированное сочетание экосистемного и эколого-геоинформационного подходов*. Такое сочетание позволяет проводить разностороннюю оценку экологических факторов, преобразующихся под влиянием производственной деятельности, и рассматривать объекты нефтедобычи и компоненты природной среды как единую пространственно-временную систему. Реализация этого принципа показала, что в историческом плане масштабность воздействия нефтедобычи на природную среду Западной Сибири соответствовала этапам, свойственным освоению каждого месторождения в отдельности: поиск и разведка (конец 1950-х — конец 1970-х гг.) характеризовались минимумом экологических последствий, строительство объектов инфраструктуры (конец 1970-х — середина 1980-х гг.) преобразовало огромные таежные территории в техногенные ландшафты, а добыча нефти во время «золотого» периода (1980-е гг.) породила проблему нефтяного загрязнения Западно-Сибирской равнины и бассейна Карского моря уже к началу 1990-х гг. В настоящее время таежные экосистемы региона испытывают одновременное воздействие факторов, характерных для всех этапов освоения месторождений углеводородного сырья: разведка, строительство, добыча и ликвидация.

При освоении нефтяных месторождений минимальное воздействие на окружающую природную среду оказывается на разведочном этапе. При этом основное негативное воздействие обусловлено аварийными ситуациями при испытании скважин. На стадии строительства объектов нефтедобычи происходит максимальная механическая трансформация почвенного покрова. На территории Западной Сибири наиболее значительная нагрузка приходится на пойменные экосистемы. На этапе добычи нефти наибольшее воздействие на абиотические компоненты экосистем оказывает нефтяное загрязнение территории промыслов, которое по своим масштабам сравнимо с ме-

ханическим нарушением почвенного покрова. При ликвидации промыслов наибольшую экологическую опасность представляют стойкие очаги нефтяного загрязнения природных сред при нарушении герметичности ликвидированных и законсервированных нефтяных скважин.

Техногенное воздействие на каждом из этапов нефтедобычи затрагивает природные единицы разных иерархических уровней. Воздействие на разведочном этапе носит локальный характер, соответствующий усредненным размерам урочищ в пределах месторождений. Критерием перехода с локального уровня на региональный на этапе строительства является показатель механической трансформации территории месторождений, сопоставимый со средневзвешенной площадью типа местностей. Главный критерий достижения глобального уровня воздействия нефтедобычи на окружающую природную среду Западно-Сибирской равнины и бассейна Карского моря — трансграничный перенос нефтяного загрязнения речных систем Оби, Иртыша, Пура и Таза. Максимальное загрязнение крупных рек происходит за счет выноса нефти поверхностным стоком из замазученных участков водосборных площадей малых и средних рек в пределах эксплуатируемых месторождений в период весеннего половодья.

Анализируя сложившуюся систему экологического мониторинга территорий нефтяных месторождений, следует отметить, что, помимо химического контроля за состоянием природных сред, необходимо уделять должное внимание биотическим компонентам экосистем. Одним из механизмов интеграции географической, химической и биологической составляющих экологического мониторинга может стать принципиальная основа создания каркаса экологической устойчивости в пределах лицензионных участков месторождений углеводородного сырья. Это позволит контролировать сохранность и восстановительную способность экосистем как на самом месторождении, так и за его пределами.

В настоящее время отмечается недостаточность объемов рекультивации нефтезагрязненных земель по сравнению с накопленным фондом нефтяного загрязнения. Для характеристики экологической напряженности при нефтедобыче может использоваться динамика рекультивационного фонда нефтезагрязненных земель, которая отражает успешность рекультивационных мероприятий и степень остаточной нефтяной нагрузки на экосистемы. Сейчас наибольшим

остаточным загрязнением характеризуются Нефтеюганский и Нижневартовский административные районы ХМАО-Югры. Определяющее значение в успешности рекультивационных мероприятий в таежной зоне Западной Сибири имеет высокая естественная способность экосистем к самовосстановлению за счет высокой численности аборигенной углеводородокисляющей микрофлоры и ее способности к разложению углеводов нефти.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АУВ	— ароматические углеводороды
АСФ	— асфальтено-смолистая фракция
БПК	— биологическое потребление кислорода
БР	— буровой раствор
ВОЗ	— Всемирная организация здравоохранения
ГИС	— геоинформационная система
ГКЖ	— гидрофобизирующая кремнийорганическая жидкость
ГСМ	— горюче-смазочные материалы
ДЗЗ	— дистанционное зондирование Земли
ДНС	— дожимная насосная станция
ЗВ	— загрязняющие вещества
КМЦ	— карбоксиметилцеллюлоза
КОЕ	— колониеобразующая единица (микробиология)
ЛУ	— лицензионный участок
ЛЭП	— линия электропередачи
ММП	— многолетне-мерзлые породы
МОВ ОГТ	— метод отраженных волн общей глубинной точки
НГДУ	— нефтегазодобывающее управление
НП	— нефтепродукты
НТФ	— нитрилтриметрилфосфоновая кислота
ОВОС	— оценка воздействия на окружающую среду
ООПТ	— особо охраняемая природная территория
ОПС	— окружающая природная среда
ПАВ	— поверхностно-активные вещества
ПАУ	— полиароматические углеводороды
ПДВ	— предельно допустимые выбросы
ПДК	— предельно допустимая концентрация
ПДУ	— предельно допустимые уровни
ППД	— поддержание пластового давления
ПТК	— природно-территориальный комплекс
ПТС	— природно-техническая система
ТБО	— твердые бытовые отходы
ТерКСОП	— территориальная комплексная система охраны природы
УВ	— углеводороды
УОМ	— углеводородоокисляющие микроорганизмы
УПН	— установка подготовки нефти
ХМАО-Югра	— Ханты-Мансийский автономный округ-Югра
ХПК	— химическое потребление кислорода
ША	— шламовый амбар
ЯНАО	— Ямало-Ненецкий автономный округ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимов А. В., Беленов А. В., Брагин Е. А. Совместный проект компании «Совзонд» и ГП НАЦРН им. В.И. Шпилемана — новое слово в космическом контроле недропользования и природопользования // Геоматика. 2009. № 4. С. 64-79.
2. Аветов Н. А., Трофимов С. Я. Почвенный покров таежных и пойменных ландшафтов бассейна р. Пякупор Западной Сибири // Почвоведение. 1997. № 1. С. 31-35.
3. Азаров В. И., Климов Ю. П. Сохранение и рациональная эксплуатация ресурсов животного мира в программе сбалансированного экологоэкономического развития нефтяных районов Западной Сибири // Пути и средства достижения сбалансированного эколого-экономического развития в нефтяных районах Западной Сибири: труды NDI. Нижневартовск, 1995. Вып. 1. С. 40-41.
4. Акимова Т. А., Хаскин В. В. Экономика Природы и Человека. М.: Изд-во Экономика, 2006. 336 с.
5. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
6. Артемьева Т. И. Комплексы почвенных животных и вопросы рекультивации техногенных территорий. М.: Наука, 1989. 120 с.
7. Артемьева Т. И., Жеребцов А. К., Борисович Т. М. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 82-99.
8. Арефьев С. П. Опыт микомониторинга в лесах Тюменского региона // Леса и лесное хозяйство Западной Сибири. Вып. 6. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1998. С. 85-98.
9. Астапов А. П., Генералов П. П., Некрасов А. И. и др. Новая стратиграфическая схема неоген-четвертичных отложений Западно-Сибирской равнины (Тюменская область) // Вестник недропользователя Ханты-Мансийского автономного округа. 2000. № 5. С. 48-56.
10. Атлас Тюменской области. Т. 1 / ГУГК Совета Министров СССР. М.; Тюмень, 1971.
11. Атлас Ханты-Мансийского автономного округа-Югры. Ч. 2 / Ханты-Мансийск; М., 2004.
12. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа / ФГУП «Омская картографическая фабрика. Омск, 2004.
13. Ахмедшин М. А., Андреева Н. Н., Пинягин Ю. П. Состояние и перспективы развития работ на Самотлорском месторождении по уменьшению отрицательного влияния отходов бурения на природную среду // Пути и средства достижения сбалансированного эколого-экономического развития в нефтяных районах Западной Сибири: труды NDI. Нижневартовск, 1995. Вып. 1. С. 62-63.
14. Бабкина В. Л. Влияние нефтезагрязнения почвы на структуру популяций клещей-орibatид // Наука и образование XXI века: сб. тез. докл.

- Второй окружной конференции молодых ученых ХМАО. Ч. 1. Сургут: Изд-во СурГУ, 2001. С. 3-5.
15. Бабушкин А. Г. Гидрохимический мониторинг поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа-Югры / А. Г. Бабушкин, Д. В. Москвиченко, С. В. Пикунов. Новосибирск: Наука, 2007. 152 с.
 16. Балахонов В. С., Лобанова Н. А. Влияние нефтегазовых комплексов Западной Сибири на фауну мелких млекопитающих // Экология нефтегазового комплекса: тез. докл. I Всесоюз. конф. М., 1988. С. 199-201.
 17. Байков У. М., Галиев М. А. Охрана природы на нефтепромыслах Башкирии. Уфа: Башк. кн. изд-во, 1987. 266 с.
 18. Бакланов А. В., Медведев А. Ю., Исмагилов Т. Р. Геоинформационное моделирование экологического состояния территорий нефтяных месторождений // Криосфера Земли. 1998. Т. 2. № 3. С. 61-69.
 19. Балаба В. И., Колесов А. И., Коновалов Е. А. Проблемы экологической безопасности использования веществ и материалов в бурении // Сер. Охрана человека и окружающей среды в газовой промышленности. М.: ИРЦ «Газпром», 2001. 32 с.
 20. Барышников М. К. Луга низовьев р. Оби, их характеристика и перспективы использования / Труды НИИ сельского хозяйства Крайнего Севера. 1961. Т. 10. С. 115-158.
 21. Батоян В. В. К исследованию самоочищения поверхностных вод от загрязнения нефтью // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состоянии экосистем. М.: Наука, 1981. С. 128-133.
 22. Бахмат Г. В., Гуляева В. А. Утилизация нефтяного газа на электростанциях с газотурбинным приводом // Энергосберегающие технологии в нефтяной промышленности России: матер. Междунар. совещ. Тюмень, 2001. Ч. 2. С. 10-12.
 23. Белан Б. Д., Зуев В. Е., Панченко М. В. // Оптика атмосферы и океана. 1995. № 8: 1-2. С. 131-155.
 24. Белоусова А. П., Галактионова О. В., Шмаков А. И. Оценка техногенного влияния нефтедобычи на формирование водно-солевого режима в системе почва-грунтовые воды // Вод. ресурсы. 1997. № 3. С. 352-360.
 25. Биография Великого подвига: Тюменская геология: Годы. Люди. События (1953-2003). Екатеринбург: Сред.-Урал. кн. изд-во, 2003. 688 с.
 26. Биологический энциклопедический словарь. М.: Сов. энциклопедия, 1986. 831 с.
 27. Бобов В. И., Гашев С. Н., Казанцева М. Н., Пауничев Е. А. Опыт наземного обследования и паспортизации нефтезагрязненных земель // Леса и лесное хозяйство Западной Сибири. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1998. С. 172-178.
 28. Боброва Т. Н., Камышев А. П., Кобычев В. Ю. Оценка состояния природно-технических систем Уренгойского газоконденсатного месторождения по материалам экологического обследования // Проблемы освоения месторождений Уренгойского комплекса. М., 1998. С. 408-415.

29. Бондарев В. Л., Миротворский М. Ю., Облеков Г. И. и др. Нефтегазопойсковые геохимические исследования на территории Западно-Юбилейной площади (Север Западной Сибири) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2006. № 1. С. 38-64.
30. Боринский В. Н. Влияние нефтегазового комплекса на рыбные ресурсы Тюменского региона // Проблемы экологической безопасности нефтегазового комплекса Среднего Приобья. Нижневартовск, 1999. С. 72-73.
31. Бочаров В. Л., Спиридонов Е. Г., Жердев В. Н. Некоторые проблемы методологии геоэкологического мониторинга муниципальных образований // Вестник Воронежского ун-та. Сер. геология. 2000. Вып. 9. С. 223-231.
32. Бочкарев В. С., Брехунцов А. М., Дещеня Н. П. и др. Основные проблемы стратиграфии мезозойских нефтегазоносных отложений Западной Сибири // Геология нефти и газа. 2000. № 1. С. 3-12.
33. Брауде М.И. Воздействие хозяйственной деятельности на охотничьи угодья севера Западной Сибири и рекомендации по охране водоплавающей дичи // Влияние антропогенной трансформации ландшафта на население наземных позвоночных животных: тез. Всесоюз. совещ. Ч. 1. М., 1987. С. 117-119.
34. Бузмаков С. А. Техногенная трансформация экосистем // Проблемы экологии, охраны природы и природопользования: сб. науч. тр. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2006. С. 26-50.
35. Бузмаков С. А., Костарев С. М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2003. 171 с.
36. Булатов А. И., Макаренко П. П., Шеметов В. Ю. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности. М.: Недра, 1997. 483 с.
37. Быков И. Ю. Техника экологической защиты Крайнего Севера при строительстве скважин. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. 240 с.
38. Быков В. Н. Экология недропользования. Пермь, 2000. Кн. 1. 186 с.
39. Вадецкий Ю. В. Бурение нефтяных и газовых скважин. М.: Изд-во «Академия», 2004. 352 с.
40. Вайнерт Э., Вальтер Р., Ветцель Т. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. М.: Мир, 1988. 350 с.
41. Валеева Э. И., Московченко Д. В. Микроэлементный состав лишайников как индикатор загрязнения атмосферы на севере Западной Сибири // Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и практика. Нижневартовск: НГПИ, ХМРО РАЕН, ИОА СО РАН, 2000. С. 128-130.
42. Васильев С. В. Методика выделения поясов экологической безопасности для устойчивого развития нефтегазовых регионов (на примере Ковыктинского газоконденсатного месторождения) // Проблемы природополь-

- зования в районах со сложной экологической ситуацией: матер. второй Всероссийской научной конференции. Тюмень, 2003. С. 134-135.
43. Васильев С. В. Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы. Новосибирск: Наука, 1998. 136 с.
 44. Васильев С. В. Экологический риск воздействия на лесные и болотные экосистемы // Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и практика. Нижневартовск: НГПИ, ХМРО РАЕН, ИОА СО РАН, 2000. С. 170-174.
 45. Васильев С. В., Вовк Е. В. Классификация типов антропогенных нарушений при добыче нефти и газа // Труды экологического семинара «Социально-экономические и технические проблемы экологии Сибирского региона». Новосибирск: НГAVT, 1988. С. 51-54.
 46. Вартапетов Л. Г. Влияние нефтепромыслов на численность охотничье-промысловых птиц (на примере северной тайги Западной Сибири) // Экологические и экономические аспекты охраны и рационального использования охотничьих животных и растительных пищевых ресурсов Сибири: тез. докл. Шушенское, 1990. С. 14-16.
 47. Вартапетов Л. Г. Сохранение биологического разнообразия птиц северной тайги Западной Сибири: предпосылки, принципы реализации и роль особо охраняемых природных территорий // Сибирский экологический журнал. 2003. № 5. Т. 10. С. 611-623.
 48. Вартапетов Л. Г., Юдкин В. А. Воздействие нефтедобычи и урбанизации на сообщества наземных позвоночных // Успехи современной биологии. 1998. Т. 118. Вып. 2. С. 216-226.
 49. Вартапетов Л. Г. Эколого-экономическая оценка воздействия разработки нефтяных месторождений на население птиц и эффективности ООПТ для сохранения орнитокомплексов в северной тайге Западной Сибири // Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и практика. Нижневартовск: НГПИ, ХМРО РАЕН, ИОА СО РАН, 2000. С. 148-151.
 50. Вельков В. В. Биоремедиация: принципы, проблемы, подходы // Биотехнология. 1995. № 3-4. С. 20-27.
 51. Вегерин А. М., Захаров А. И. Изменение лесного фонда под воздействием нефтедобычи // Средаобразующая роль лесов и ее изменение под влиянием антропогенных воздействий. М., 1987. С. 55-70.
 52. Веденин Ю. А. Информационные основы изучения и формирования культурного ландшафта как объекта наследия // Известия РАН. Сер. геогр. 2003. № 3. С. 7-13.
 53. Виноградов Б. В. Преобразованная Земля: Аэрокосмические исследования. М.: Мысль, 1981. 296 с.

54. Виноградов Б. В. Основы ландшафтной экологии. М.: ГЕОС, 1998. 418 с.
55. Винокуров Ю. И., Хлебович И. А., Ротанова И. Н. Медико-экологическое атласное картографирование Алтайского края // Геоинформационное картографирование сегодня: науч. сб. Киев: Академперіодика, 2002. С. 91-92.
56. Воробьев Б. С., Попков В. К. Нефтепродукты в воде и донных отложениях бассейна реки Васюган // Известия Томского политехнического университета. 2005. Т. 308. № 4. С. 48-50.
57. Востоков Е. Н. Опыт геоэкологического районирования Каспийского региона // Геоэкологические исследования и охрана недр. 2000. № 2. С. 12-29.
58. Габбасова И. М., Абдрахманов Р. Ф., Хабилов И. К., Хазиев Ф. Х. Изменение свойств почв и состава грунтовых вод при загрязнении нефтью и нефтепромысловыми сточными водами в Башкирии // Почвоведение. 1997. № 11. С. 1362-1372.
59. Гатина Е. Л. Техногенная трансформация видового разнообразия растительных сообществ в условиях нефтедобычи (на примере Пермского края): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пермь, 2010. 20 с.
60. Гашев С. Н. Млекопитающие в системе экологического мониторинга (на примере Тюменской области). Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2000 а. 220 с.
61. Гашев С. Н. Динамика численности млекопитающих в экологическом мониторинге // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Вып. 1. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2000 б. С. 70-78.
62. Гашев С. Н., Казанцева М. Н., Рыбин А. В., Соромотин А. В. Методика оценки фитопригодности нефтезагрязненных территорий (с рекомендациями к рекультивационным работам) / Тюменская ЛОС ВНИИЛМ. Тюмень, 1992. 13 с.
63. Гашев С. Н., Казанцева М. Н., Соромотин А. В. Накопление микроэлементов в различных компонентах загрязненных нефтью биоценозов средней тайги // Механизмы поддержания биологического разнообразия: матер. конф. Екатеринбург. 1995. С. 34-37.
64. Гашев С. Н., Селюков А. Г. Ихтиофауна Тюменской области (аннотированный список) // Ежегодник ТОКМ: 1999. Тюмень, 2000. С. 202-215.
65. Гашев С. Н., Рыбин А. В., Казанцева М. Н., Соромотин А. В. Масштабы нефтесолевого загрязнения Ханты-Мансийского автономного округа и объемы средств на рекультивацию // Биологическая рекультивация нарушенных земель: тез. докл. Междунар. совещ. Екатеринбург, 1996. С. 27-30.
66. Гашев С. Н., Казанцева М. Н., Рыбин А. В., Соромотин А. В. Влияние факела по сжиганию не утилизируемых компонентов нефти и газа на лесные биогеоценозы // Проблемы рационального использования, воспроизводства и экологического мониторинга лесов: тез. докл. Свердловск, 1991. С. 36-38.
67. Гашев С. Н., Казанцева М. Н., Соромотин А. В., Рыбин А. В. Влияние факелов на биогеоценозы Среднего Приобья // Бюллетень МОИП. 1994. Т. 99, вып. 1. С. 3-7.

68. Гашев С. Н., Казанцева М. Н., Соромотин А. В., Рыбин А. В. Влияние сырой нефти на прорастание семян и развитие проростков древесных и травянистых растений // Лесоведение. 1993. № 5. С. 64-68.
69. Гашев С. Н., Шамшурина Л. Н. Орнитофауна Тюменской области // Ежегодник ТОКМ-1997. Тюмень, 1999. С. 179-188.
70. Гашева М. Н., Гашев С. Н., Соромотин А. В. Состояние растительности как критерий нарушенности лесных биоценозов при нефтяном загрязнении // Экология. 1990. № 2. С. 77-78.
71. Геоэкологические условия Западно-Сибирской газоносной провинции / под ред. Е. С. Мельникова. Новосибирск: Наука, 1983. 200 с.
72. Гидрогеология СССР. Том XVI. Западно-Сибирская равнина. М.: Недра, 1970. С. 54-68.
73. Гилев В. П. Оценка и проблемы экологического состояния глубоких геологоразведочных скважин на нефть и газ, пробуренных 50 лет назад // Экологический мониторинг в процессе добычи нефти и газа: тез. докл. Тюмень, 2002.
74. Гиляров М. С. Учет крупных почвенных беспозвоночных (мезофауны) // Методы почвенно-зоологических исследований. М.: Наука, 1975. С. 12-29.
75. Гиляров А. М. Экология, обретающая статус науки // Природа. 1998. № 2. С. 89-99.
76. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высш. шк., 1998. 328 с.
77. Голосова Л. Д. Действие нефтезагрязнений на комплексы панцирных клещей в условиях Тюменской области // Экотоксикология и охрана природы. М., 1988. С. 177-180.
78. Голубев Г. Н. Геоэкология. М.: Аспект-Пресс, 2006. 288 с.
79. Голубев Г. Н., Касимов Н. С., Тикуннов В. С. Геоинформационное и картографическое обеспечение экологических программ // Экология. 1995. № 5. С. 339-343.
80. Голубчиков С. Н. Ханты-Мансийский округ: перспективы развития // Энергия. 2004. № 12. С. 46-53.
81. Горке М. Вымирание видов и этика. Пределы антропоцентрической перспективы // Гуманитарный экологический журнал. 2002. Т. 4. Вып. 1. С. 101-108.
82. Григорьев Н. П., Голембиевская Л. П., Елеева И. В. Охрана окружающей среды при геологоразведочных работах. М.: Геоинформмарк, 1991. 44 с.
83. Груздев Б. И., Мартыненко В. А. Растительный покров техногенных участков на Европейском Севере // Освоение Севера и проблема рекультивации: матер. II Междунар. конф. Сыктывкар, 1994. С. 101-107.
84. Групповой технический проект № 09/2 Д физической ликвидации старого фонда поисково-разведочных скважин в пределах Березовского и Деминского газовых месторождений / ООО «Тюменьтрансгаз». Тюмень, 2002.

85. Детков С. П., Детков В. П., Астахов В. А. Охрана природы нефтегазовых районов. М.: Недра, 1994. 335 с.
86. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д., Афанасьева Т. В. Таежное почвообразование в континентальных условиях. М.: Изд-во МГУ, 1981.
87. Дожорукова С. Л., Янин Е. П. Экологические проблемы нефтегазодобывающих территорий (на примере Тюменской области) // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2002. № 6. С. 57-92.
88. Драчев С. М. Борьба с загрязнением рек, озер и водохранилищ промышленными и бытовыми стоками. М.; Л.: Наука, 1964. 274 с.
89. Друтов Ю. С., Родин А. А. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов. Практическое руководство: 2-е изд., перераб. и доп. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 270 с.
90. Дружинина О. А., Мяло Е. Г. Охрана растительного покрова Крайнего Севера. М.: Агропромиздат, 1990. 176 с.
91. Долингер В. А. За решение проблем должны браться все // Промышленность и экология Севера. 2010. № 1. С. 9-11.
92. Дорожукова С. Л. Оценка воздействия нефтегазодобывающей промышленности Тюменской области на окружающую среду. М.: ИМГРЭ, 2004. 32 с.
93. Допустимое остаточное содержание нефти и нефтепродуктов в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ на территории Ханты-Мансийского автономного округа-Югры: Региональный норматив. Приложение к постановлению Правительства Ханты-Мансийского автономного округа-Югры от 10 декабря 2004 г. № 466-п. Ханты-Мансийск, 2004
94. Дорохова М. Ф. Снижение биоразнообразия почвенных водорослей в районах со сложной экологической ситуацией: матер. межвуз. науч. конф. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1999. С. 89-91.
95. Дьяконов К. Н. О некоторых закономерностях влияния инженерных сооружений на подвижные компоненты геосистем // Вопросы географии. М., 1977. № 106. С. 73.
96. Елизаров А. В. Экологический каркас-стратегия степного природопользования XXI века. Тольятти: Изд-во ИЭКА «Поволжье» ИЭВБ РАН, 2002. 160 с.
97. Ермилов О. М., Грива Г. И., Москвин В. И. Воздействие объектов газовой промышленности на северные экосистемы и экологическая стабильность геотехнических комплексов в криолитозоне. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 148 с.
98. Ершов Э. Д. Общая геокриология. М.: Недра, 1990. 559 с.
99. Ермилов О. М., Дектярев Б. В., Курчиков А. Р. Сооружение и эксплуатация газовых скважин в районах Крайнего Севера: Теплофизические и геохимические аспекты. Новосибирск: СО РАН, 2003. С. 5-26.

100. Ефимов В. А. Функциональная характеристика экологической безопасности нефтегазопроводов // Защита от коррозии и охрана окружающей среды. 2000. № 4-5. С. 25-29.
101. Железнова Г. В., Кузнецова Е. Г., Евдокимова Т. В. Восстановление биоразнообразия в процессе самозарастания техногенных площадок на территории Усинского месторождения нефти // Биологическое разнообразие антропогенно трансформированных ландшафтов европейского северо-востока России: труды Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 1996. № 149. С. 14-30.
102. Жеребятёва Н. Н. Экологические функции растительного покрова // Атлас ХМАО. М.: ГУТК, 2004. С. 83-84.
103. Журавлев А. К., Владыченский А. С., Можарова Н. В. Особенности углеводородного загрязнения почв подземных хранилищ газа // Вестник МГУ. Сер. 17. 1999. № 2. С. 27-32.
104. Загвоздкин В. К., Муляк В. В., Лукашов В. Н. Результаты испытаний технологий восстановления нефтезагрязненных земель на опытных участках в 2001-2003 гг. // Экология и промышленность России, спецвыпуск. М., 2004. С. 32-34.
105. Задоенко А. Н., Кузменков С. Г., Панов В. Ф. Особенности этапов и стадий геологоразведочных работ при поисках, картировании и подготовке ловушек углеводородов на территории Среднего Приобья // Вестник нефтепользователя Ханты-Мансийского автономного округа. 2003. № 10.
106. Залесов С. В., Кряжевских Н. А., Луганский Н. А. Динамика живого напочвенного покрова на техногенных площадях в нефтегазодобывающих районах Ханты-Мансийского автономного округа // Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и практика. Нижневартовск: НГПИ, ХМРО РАЕН, ИОА СО РАН, 2000. С. 152-155.
107. Залесов С. В., Кряжевских Н. А., Крупинин Н. Я. Деградация и демутация лесных экосистем в условиях нефтегазодобычи. Екатеринбург: Урал. гос. лесотех. ун-т, 2002. Вып. 1. 436 с.
108. Западная Сибирь / отв. ред. Г. Д. Рихтер. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 488 с.
109. Захаров А. И. Виды и масштабы воздействия нефтедобывающей промышленности на леса Среднего Приобья // Экология нефтегазового комплекса: матер. 1 Всесоюз. конф. Вып. 1. М., 1988. С. 141-143.
110. Захаров А. И. Горимость лесов Ханты-Мансийского автономного округа // Леса и лесное хозяйство Западной Сибири. Вып. 6. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1998. С. 99-106.
111. Захаров А. И., Гаркунов Г. А., Чижов Б. Е. Виды и масштабы воздействий нефтедобывающей промышленности на лесной фонд Ханты-Мансийского автономного округа // Леса и лесное хозяйство Западной Сибири. Вып. 6. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1998. С. 149-160.

112. Зеркаль О.В. Эволюция биосферы прилегающих территорий под влиянием нефтегазового комплекса // Горный инф.-анал. бюлл. 1999. № 6. С. 30-32.
113. Зубайдуллин А. А. Самовосстановление нарушенных фитоценозов на нефтезагрязненных участках суходолов и верховых болот // Наука и образование ХМАО — XXI веку: сб. тез. докл. окружной конф. молодых ученых и специалистов. Сургут: СурГУ, 2000. С. 23-26.
114. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды М.: Гидрометеиздат, 1996. 470 с.
115. Ильина И. С. Обзорное картографирование растительности поймы р. Оби // Сиб. геогр. сб. 1976. Вып. 12. С. 161-182.
116. Ильина И. С., Лапшина Е. И., Лавренко Н. И., Мельцер Л. И., Романова Е. А., Богоявленский Б. А., Махно В. Д. Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1985. 250 с.
117. Инструкция о порядке ликвидации, консервации скважин и оборудовании их устьев и стволов. РД 08-347-00. М., 2000.
118. Исаченко А. Г. Оптимизация природной среды. М.: Мысль, 1980. 264 с.
119. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое картографирование. М.: Высш. шк., 1991. 366 с.
120. Исаченко А. Г. Экологическая география Северо-Запада России. СПб.: Русск. географ. об-во, 1995. 206 с.
121. Исаченко А. Г. Теория и методология географической науки. М.: Академия, 2004. 400 с.
122. Кавалаяускас П. П. Учет геоэкологических представлений при сельскохозяйственном проектировании // Охрана ландшафтов и проектирование. М.: ИГ АМ СССР, 1983. С. 160-167.
123. Кавалаяускас П. П. Системное проектирование сети особо охраняемых природных территорий // Геоэкологические подходы к проектированию природно-технических систем. М.: ИГ АН СССР, 1985. С. 145-153.
124. Казанцева М. Н., Казанцев А. П., Гашев С. Н. Характеристика нефтяного загрязнения территории Мамонтовского месторождения нефти // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Вып. 2. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2001. С. 86-90.
125. Калинин В. М., Соромотин А. В. Количественная оценка смыва нефтепродуктов с поверхности замазученных водосборов в речную сеть // О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского округа в 1998 году. Ханты-Мансийск: ГУИПП «Полиграфист», 1999. С. 18-20.
126. Камышев А. П. Методы и технологии мониторинга природно-технических систем севера Западной Сибири. М.: ВНИПИГазодобыча, 1999. 230 с.
127. Каралов А. М. Регулирование теплового режима нефтезагрязненных земель в условиях их биологической рекультивации // 8-й Всесоюзный съезд почвоведов: тез. докл. Новосибирск, 1989. Кн. 1. С. 37.

128. Классификация почв России / Отв. ред Л. Л. Шишов, Г. В. Добровольский. М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 1997. 235 с.
129. Козин В. В. Районирование физико-географическое или ландшафтное: чему отдать предпочтение? // Проблемы географии и экологии Западной Сибири. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1996. С. 3-10.
130. Козин В. В. Антропогенные ландшафтные комплексы Среднего Приобья // Природные ресурсы и размещение производительных сил Тюменского Приобья. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1980. С. 3-9.
131. Козин В. В., Маршинин А. В., Марьинских Д. М., Осипов А. В., Сорокин Р. В. Картографирование и экологическая оценка ландшафтов лесотундры Западной Сибири (на примере Надым-Пурского междуречья) // Эколого-географические проблемы природопользования нефтегазовых регионов: Теория, методы, практика. Нижневартовск: Нижневарт. гос. гуманитар. ун-т, 2006. 311 с.
132. Козин В. В., Марьинских Д. М. Ландшафтно-экологическое обеспечение стабилизации экологической ситуации и устойчивого развития в Западно-Сибирском секторе Арктики // Проблемы природопользования в районах со сложной экологической ситуацией. Тюмень, 2003. С. 3-7.
133. Козин В. В., Петровский В. А. Геоэкология и природопользование. Понятийно-терминологический словарь. Смоленск: Изд-во «Ойкумена», 2005. 576 с.
134. Коломиец Н. Г., Богданова Д. А. Стволовые насекомые северотаежных лесов Западной Сибири в районах нефтедобычи // Лесоведение. 1998. № 4. С. 34-42.
135. Конопляник А. А., Селимов М. К. Российская нефтяная промышленность, налоговое законодательство и иностранные инвестиции // Нефтяное хозяйство. 1993. № 2. С. 22-27.
136. Копылов Е. В. Открытие первой геологической структуры-ловушки в Зауралье // Горные ведомости. 2006. № 11. С. 96-115.
137. Косаревиц И. В., Карасева Э. В., Площадный В. Я. Экологические аспекты применения биогенных материалов в бурении. М.: Геоинформмарк, 1992. 54 с.
138. Королева Н. А. Повышение информативности мерзлотных карт средствами гис-анализа // Криосфера Земли. 2007. Т. XI. № 1. С. 85-95.
139. Коршаков А. В., Тикун В. С. Геоинформатика. М.: Картоцентр, 1993. 210 с.
140. Корытный Л. М. Бассейновая концепция в природопользовании. Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2001. 163 с.
141. Косинова И. И. Общая иерархия эколого-геологических объектов // Вест. Воронежского университета. Серия геология. Вып. 9. 2000. С. 237-241.
142. Котлов Ф. В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М.: Недра, 1978. 261 с.
143. Кочуров Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие: учеб. пособие. М.; Смоленск: Маджента, 2003. 384 с.

144. Кочуров Б. И., Жеребцова Н. А., Быкова О. Ю., Антипова А. В. Принципы и методы составления карт состояния окружающей природной среды // Картографирование на рубеже тысячелетий: докл. I Всерос. науч. конф. по картографированию. М., 1997. С. 215-223.
145. Кошелев В. Н., Силин М. А., Заворотный В. Л., Сушкова А. В., Шихов С. Н. Вопросы экологической безопасности при бурении скважин с применением буровых растворов на углеводородной основе // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2005. № 3. С. 42-45.
146. Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа: животные, растения, грибы / ред.-сост. А. М. Васин. Екатеринбург: «Пакрус», 2003. 376 с.
147. Критерии и методы формирования экологической сети природных территорий. Вып. 1. 2-е изд. М.: Центр охраны дикой природы СоЭС, 1999. 48 с.
148. Крупинин Н. Я. О состоянии окружающей природной среды в Нижневартовском районе // Пути и средства достижения сбалансированного эколого-экономического развития в нефтяных районах Западной Сибири: труды NDI. Нижневартовск, 1995. Вып. 1. С. 22-29.
149. Крылов Г. В. Леса Западной Сибири. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 255 с.
150. Крюков В. А., Силкин В. Ю., Токарев А. Н., Шмат В. В. Как потушить факелы на российских нефтепромыслах: институциональный анализ условий комплексного использования углеводородов (на примере попутного нефтяного газа). Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2008. 340 с.
151. Кузнецов В. И., Межаков В. М. Экологически щадящая 3D-сейсморазведка в Западной Сибири // Геофизика. 1997. № 1. С. 8-11.
152. Крохалевский В. Р. О необходимости защиты интересов рыбного хозяйства при освоении месторождений нефти и газа в Западной Сибири // Биологические ресурсы и проблемы развития аквакультуры на водоемах Урала и Западной Сибири: тез. докл. Тюмень, 1996. С. 67-69.
153. Кулешова М. Е. Экологические каркасы // Охрана дикой природы. 1999. № 3. С. 25-30.
154. Лаптев Н. И. Некоторые аспекты влияния нефтегазодобывающей промышленности на природные комплексы // Актуальные вопр. геологии и географии Сибири. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 1998. Т. 4: Физическая, экономическая география, краеведение и туризм. Гидрология и метеорология. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. С. 193-194.
155. Лебедев Е. В. Влияние разведочного бурения и промышленного освоения месторождений нефти и газа на Ямальском полуострове на рыбные запасы обского бассейна // Тез. докл. I Всесоюз. конф. М., 1988. С. 197-198.
156. Лебедева Е. С. Загрязнение шельфа морей России нефтяными углеводородами и пестицидами // Геоэкология шельфа и берегов морей России. М.: Ноосфера, 2000. С. 289-327.

157. Лесоводственные требования к размещению, строительству и эксплуатации объектов нефтегазодобычи на землях лесного фонда в таежных лесах Западной Сибири. М.: ВНИИЛМ, 1990. 30 с.
158. Лезин В.А. Реки Ханты-Мансийского автономного округа: Справочное пособие. Тюмень: Изд-во «Вектор Бук», 1999. 160 с.
159. Лезин В. А., Тюлькова Л. А. Озера Среднего Приобья. Тюмень, 1994. 280 с.
160. Литвиненко И. В., Куршева А. В., Петрова В. И. Угледородный мониторинг донных отложений Печерской губы (оценка последствий Усинского нефтяного разлива) // Современные экологические проблемы Севера (к 100-летию со дня рождения О. И. Семенова-Тян-Шанского): матер. междунар. конф. / Ин-т проблем промышл. экологии Севера. Апатиты: Изд. Кольского НЦ РАН, 2006. <http://inep.ksc.ru/html/web-5/ippes/conf/STS-100-081006/conf/Section5/s5-lit.htm>.
161. Лобковский Л. И., Левченко Д. Г., Леонов А. В., Амбросимов А. К. Геоэкологический мониторинг морских нефтегазоносных акваторий / отв. ред. С. С. Лаппо, Ин-т океанологии им. П. П. Ширшова. М.: Наука, 2005. 326 с.
162. Ломакин Е. М. Основные проблемы экологического состояния ПО «Нижевартовскнефтегаз» // Пути и средства достижения сбалансированного эколого-экономического развития в нефтяных регионах Западной Сибири: матер. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 1995. С. 64.
163. Макеев В. Н. Оценка современного состояния почвенно-растительного покрова в районах интенсивной добычи углеводородного сырья (на примере Среднего Приобья) как основа создания комплексного экологического мониторинга: автореф. ... дис. канд. биол. наук. М., 2001. 24 с.
164. Максимов А.А. Система мониторинга криосферы в условиях изменяющегося климата — одно из решений проблемы устойчивости проектируемых инженерных сооружений в северных районах Западной Сибири // Налоги. Инвестиции. Капитал. 2003. № 5-6; 2004. № 1.
165. Мамаев А. Б., Нестерова М. П., Удовенко А. В. Об испарении нефтяных пленок с водной поверхности // Водные ресурсы. 1991. № 3. С. 192-195.
166. Марахтанов В. П., Хренов Н. Н. Оценка технического состояния трасс северных газопроводов по материалам аэрофотосъемок // Строительство трубопроводов. 1984. № 8. С. 33-36.
167. Маршинин А. В. Систематизация, особенности структуры и факторы дифференциации инсультных геосистем Тюменской области // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика: матер. 11 Междунар. ландшафтной конф. М.: Географ. фак-т МГУ, 2006. С. 199-202.
168. Марьинских Д. М. Проблемы притундровых лесов Западной Сибири в связи с газопромышленным освоением // Природопользование в райо-

- нах со сложной экологической ситуацией: матер. межвуз. науч. конф. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1999. С. 134-137.
169. Матис Э. Г. Проблема и принципы эколого-геосистемного моделирования витасферного матрикса оптимизации природопользования // Экологическое районирование территории: методы и разработки: матер. науч. семинара по экологическому районированию «Экорайон 90». Иркутск: ИГ СО АН СССР, 1991. С. 23-30.
170. Матишов Г. Г., Павлова Л. Г., Ильин Г. В. и др. Химические процессы в экосистемах северных морей (гидрохимия, геохимия, нефтяное загрязнение). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1997. 404 с.
171. Матковский А. К. Техногенные факторы, оказывающие отрицательное влияние на рыбные ресурсы при обустройстве и эксплуатации нефтегазовых месторождений // Проблемы природопользования в районах со сложной экологической ситуацией: тез. докл. Тюмень, 2003. С. 150-151.
172. Матковский А. К., Семенова Л. А., Кутдусова Н. А. Аварии на нефтяных промыслах как один из важных факторов воздействия на рыбные запасы водоемов Среднего Приобья // Северный регион: Экологическая и социокультурная динамика: сб. тез. к Всерос. науч.-практ. конф. Сургут, 2000. С. 150-152.
173. Матусевич В. М., Рыльков А. В., Ушатинский И. Н. Геофлюидальные системы в проблеме нефтегазоносности Западно-Сибирского мегабассейна. Тюмень: ТюмГНГУ, 2005.
174. Махонина Г. И., Коркина И. Н. Развитие подзолистых почв на археологических памятниках // Почвоведение. 2002. № 8. С. 917-927.
175. Медико-экологический атлас Пермской области / Администрация Пермской области. Пермь, 1997. 142 с.
176. Методические рекомендации по применению требований к определению исходной (фоновой) загрязненности компонентов природной среды, проектированию и ведению системы экологического мониторинга в границах лицензионных участков недр на территории Ханты-Мансийского автономного округа / Макеев В. Н., Дикунец В. А., Кудрин В. И., Соромотин А. В., Гертер О. В., Хотеев В. В., Перминов В. А. Ханты-Мансийск: ГП «Полиграфист», 2004. 92 с.
177. Мильков Ф. Н. Человек и ландшафты. Очерки антропогенного ландшафтоведения. М.: Мысль, 1973. 224 с.
178. Мильков Ф. Н. Физическая география: учение о ландшафте и географическая зональность. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1986. 328 с.
179. Мирзеханова З. Г. Экологический каркас территории: назначение, содержание, пути реализации // Проблемы региональной экологии. 2000. № 4. С. 42-55
180. Миронов А. А. Влияние строительства нефтепромысловых дорог на лесные и болотные биогеоценозы // Проектирование, строительство,

- ремонт и содержание транспортных сооружений в условиях Сибири. Томск, 1997. С. 20-25.
181. Миронюк С. Г., Пронина И. А. Анализ аварийности промысловых нефтепроводов в регионе и оценка риска их эксплуатации // Новые технологии для очистки нефтезагрязненных вод, почв, переработки и утилизации нефтешламов: тез. докл. междунар. конф. М.: Ноосфера, 2001. С. 290-292.
 182. Мирошниченко С. А. Геоинформационные системы производственного экологического мониторинга состояния поверхностных водных объектов на территории разработки нефтяных месторождений: матер. ежегодной науч. сессии Горного ин-та УрО РАН по результатам НИР в 2005 г. http://www.mi-perm.ru/session2006/sess_2006-0.htm.
 183. Михайлова Л. В. Особенности загрязнения рек нефтепродуктами // Изучение процессов формирования химического состава природных вод в условиях антропогенного воздействия: матер. XXVIII Всесоюз. гидрохим. совещ. 1984. Ч. 1. Л.: Гидрометеониздат, 1987. С. 113-114.
 184. Михайлова Л. В. Химическое загрязнение — одна из основных экологических проблем Обь-Иртышского региона // Пути и средства достижения сбалансированного эколого-экономического развития в нефтяных регионах Западной Сибири: матер. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 1993. С. 43-46.
 185. Михайлова Л. В. Современный гидрохимический режим и влияние загрязнений на водную экосистему и рыбное хозяйство Обского бассейна (обзор) // Гидробиологический журнал. 1991. Т. 27. № 5. С. 80-90.
 186. Морозов А. И., Таргульян В. О. Идеальная модель развития элювиального горизонта в почвах и корках выветривания // Почвоведение. 1995. № 7. С. 897-903.
 187. Морозова Л. М., Затеева Е. А. Восстановление лесов в районах нефтедобычи // Проблемы природопользования в районах со сложной экологической ситуацией: тез. докл. Тюмень, 2003. С. 151-153.
 188. Москаленко Н. Г. Антропогенная динамика растительного покрова севера Западной Сибири: автореф. ... дис. д-ра биол. наук. М.: МГУ, 1991. 44 с.
 189. Москвина Н. Н., Козин В. В. Ландшафтное районирование Ханты-Мансийского автономного округа. Ханты-Мансийск: Полиграфист, 2001. 36 с.
 190. Москвина И. Л., Овечкина Е. С., Овечкин Ф. Ю. Изменение некоторых морфологических параметров сосны обыкновенной в зоне влияния факелов сжигания попутного нефтяного газа Среднего Приобья // Проблемы региональной экологии. 2006. № 3. С. 17-24.
 191. Московченко Д. В. Некоторые аспекты регионального эколого-геохимического анализа (на примере Тюменской области) // Пробле-

- мы географии и экологии Западной Сибири. Вып. 3. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1998. С. 143-155.
192. Московченко Д. В. Нефтегазодобыча и окружающая среда: эколого-геохимический анализ Тюменской области. Новосибирск: Наука, 1998. 112 с.
193. Московченко Д. В., Валеева Э. И. Исследование состава донных отложений рек бассейна нижней Оби (в пределах Ханты-Мансийского автономного округа) // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Вып. 2. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2001. С. 138-142.
194. Московченко Д.В., Дожорукова С. Л. Последствия буровых работ на Севере Тюменской области // Экология и промышленность России. 2002. № 9. С. 27-30.
195. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 264 с.
196. Немировская И. А. Углеводороды в океане. М.: Научный мир, 2004. 328 с.
197. Немировская И. А., Новигатский А. Н., Шевченко В. П. Оценка состояния экосистемы Белого моря (нефтяные углеводороды) // Современные экологические проблемы Севера (к 100-летию со дня рождения О. И. Семенова-Тян-Шанского): матер. междунар. конф. / Ин-т проблем промысл. экологии Севера. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН, 2006. <http://inep.ksc.ru/htm/web-5/ippes/conf/STS-100-081006/conf/Section5/s5-nem.htm>.
198. Немченко Н. Н., Ровенская А. С., Шоелл М. Происхождение природных газов гигантских газовых залежей Севера Западной Сибири // Геология нефти и газа. 1999. № 1-2. С. 44-56.
199. Нефтяные и газовые месторождения СССР. Т. 2. М.: Недра, 1987. 431 с.
200. Никаноров А. М., Страдомская А. Г., Иваник В. М. Локальный мониторинг загрязнения водных объектов в районах высоких техногенных воздействий топливно-энергетического комплекса. СПб.: Гидрометеоиздат, 2002. 156 с.
201. Николаев В. А. Культурный ландшафт-геоэкологическая система // Вестник МГУ. 2000. № 6. С. 3-5.
202. Новиков В. П. Состояние ресурсов промысловых животных и продуктивность охотничьих угодий Ханты-Мансийского автономного округа в условиях промышленного освоения территории // Ресурсы охотничье-промыслового хозяйства и прогноз их использования: сб. науч. тр. М., 1985. С. 4-12.
203. Новиков С. М., Романова Е. Н., Усова Л. И. Возможные изменения природных условий болот Западной Сибири под влиянием хозяйственной деятельности // Антропогенные изменения, охрана растительности болот и прилегающих территорий. Минск: Наука и техника, 1981. С. 73-78.

204. О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа в 1996 году / Государственный комитет по охране окружающей среды ХМАО. Ханты-Мансийск, 1997. 148 с.
205. О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа в 1997 году / Государственный комитет по охране окружающей среды ХМАО. Ханты-Мансийск, 1998. 156 с.
206. О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа в 1998 году / Государственный комитет по охране окружающей среды ХМАО. Ханты-Мансийск, 1999. 154 с.
207. О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа в 1999 году / Государственный комитет по охране окружающей среды ХМАО. Ханты-Мансийск, 2000. 130 с.
208. О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа в 2000 году / Государственный комитет по охране окружающей среды ХМАО. Ханты-Мансийск, 2001. 134 с.
209. О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа в 2001 году / Государственный комитет по охране окружающей среды ХМАО. Ханты-Мансийск, 2002. 122 с.
210. О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа в 2002 году / Государственный комитет по охране окружающей среды ХМАО. Ханты-Мансийск, 2003. 126 с.
211. О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа: Информационный бюллетень / НПЦ «Мониторинг». Ханты-Мансийск: ГУИПП «Полиграфист», 2004. 162 с.
212. О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа: Информационный бюллетень / НПЦ «Мониторинг». Ханты-Мансийск: ГП «Полиграфист», 2005. 118 с.
213. О состоянии окружающей среды Ханты-Мансийского автономного округа-Югры в 2006-2007 годах. Информационный бюллетень // [Электрон. издание] / НПЦ «Мониторинг. Ханты-Мансийск, 2008. 117 с.
214. О состоянии окружающей среды и природных ресурсов на территории Ямало-Ненецкого автономного округа ГУ «Ресурсы ЯМАЛА». Салехард, 2005. 160 с.
215. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2005 году / МПР РФ. М., 2006. 499 с.
216. Оборин А. А., Шишкин М. А., Одинцова Т. А. О природе нефтяного загрязнения Камского водохранилища в районе Полазнинского нефтепромысла // Факторы и механизмы регуляции развития бактериальных популяций. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. С. 68-73.
217. Оборин А. А., Хмурчик В. Т., Иларионов С. А., Маркарова М. Ю., Назаров А. В. Нефтезагрязненные биогеоценозы (Процессы образования, научные основы восстановления, медико-экологические проблемы) / УрО РАН; Перм. гос. ун-т; Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2008. 511 с.

218. Огородников А. В., Хромых В. С. Экологическая изменчивость пойменных геосистем под влиянием нефтедобычи // Проблемы экологии Томской области. Экология производства, экологический мониторинг: тез. докл. регион. конф. Т. 2. Томск, 1992. С. 46-48.
219. Одишария Г. Э., Шершнева Л. В., Цвединский А. С., Михайлов Н. Н. Новые методы проектирования объектов нефтегазового комплекса с позиции минимизации техногенных нагрузок на природную среду // Региональная экология. 1998. № 2. С. 44-49.
220. Одум Ю. Экология. Т.2. М.: Мир, 1986. 376 с.
221. Окружающая среда и здоровье населения России. Атлас. <http://bio.krc.karelia.ru/misc/atl/ra00.htm>. 1998.
222. Оценка влияния загрязнения и нарушения окружающей среды нефтью, буровыми растворами на некоторые природные компоненты на месторождениях НГДУ «Варьеганнефть», оценка способов сбора разлитой нефти и ликвидации остаточной замасленности: отчет / под рук. Ю. П. Сорокина. Тюм. индустр. ин-т. Тюмень, 1979.
223. Панов Г. Е., Петряшин Л. Ф., Лысый Г. Н. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности. М.: Недра, 1986. 244 с.
224. Пасхальный С. П. Влияние буровой на орнитофауну тундры // Экология нефтегазового комплекса: тез. докл. I Всесоюз. конф. М., 1988. С. 201-202.
225. Петункин Н. И., Петункина Л. О., Антипов А. М. Влияние промышленного загрязнения водоемов на успешность размножения водоплавающих птиц в северных районах западной Сибири // Биологические основы учета численности охотничьих животных / ЦНИЛ охот. хоз-ва и заповед. М., 1990. С. 153-155.
226. Пиковский Ю. И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1993. 208 с.
227. Пиминов В. Н., Синицын А. А., Чесноков А. Д. Воздействие нефтегазодобычи на возобновимые промысловые ресурсы Тюменского Севера // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: матер. междунар. конф. Т. 1. Архангельск, 2002.
228. ПНГ: без политики нет экономики // Нефтегазовая вертикаль. 2007. № 5.
229. Покровская И. В. Влияние развития нефтегазового комплекса на состояние водоплавающей дичи в Ямало-Ненецком АО // Экология нефтегазового комплекса: тез. докл. I Всесоюз. конф. М., 1988. С. 205-207.
230. Политехнический словарь. М.: Сов. энциклопедия, 1980. 656 с.
231. Полищук Ю. М., Березин А. Е., Дюкарев А. Г., Токарева О. С. Оценка воздействия нефтегазодобычи на состояние лесо-болотных комплексов Западной Сибири // Контроль и реабилитация окружающей среды: матер. 2-го Междунар. симп. Томск: Изд-во СО РАН, 2000. С. 13-17.

232. Полищук Ю. М., Токарева О. С., Булгакова И. В. Оценка воздействия нефтедобычи на лесоболотные экосистемы с использованием космических снимков среднего разрешения // Сибирский экологический журнал. 2005. № 1. С. 3-11
233. Полкошникова О. В. Влияние автомобильных дорог на растительность верховых болот Среднего Приобья. М., 1982. 24 с.
234. Полкошникова О. В., Сущеня В. А. Изменения растительности болот Саянских гор под влиянием инженерных сооружений // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1981. № 4. С. 47-56.
235. Поляруш М.Ф. Беспорядочные скважины // Промышленность и экология Севера. 2010. № 1. С. 28.
236. Попков В. К., Воробьев Д. С., Лукьянцева Л. В., Рузанова А. И. Особенности оценки экологического состояния рек в нефтепромысловых районах // Экологические, гуманитарные и спортивные аспекты подводной деятельности. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 1999. С. 106-109.
237. Поподыко Д. В. Оценка безопасной эксплуатации оболочек с «канавочным износом» методом конечных элементов: автореф. ... дис. канд. техн. наук. Уфа, 2004. 24 с.
238. Порядина Н. М. Почвенная мезофауна и ее изменение под действием нефтегазопромыслов в подзоне средней тайги // Нефть и газ Зап. Сиб.: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Т. 2. Тюмень, 1996. С. 47-48.
239. Правила разработки нефтяных и газонефтяных месторождений. М.: Мин-во нефт. пром-ти СССР, 1987. 66 с.
240. Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1974. 404 с.
241. Прохоров Б. Б. Медико-экологическое районирование и региональный прогноз здоровья населения России. М.: Изд-во МНЭПУ, 1996. 72 с.
242. Пузаченко Ю. Г. Семантические аспекты информатики. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. С. 42-78.
243. Пузаченко Ю. Г., Дьяконов К. Н., Алещенко Г. М. Разнообразие ландшафта и методы его измерения // География и мониторинг биоразнообразия. М.: Экоцентр МГУ, 2002. С. 76-177.
244. Пыстина Н. Б., Гедерцев О. Л., Загородняя А. А., Бухгалтер Э. Б. Использование ГИС-технологий при обработке экологической информации // Экология и промышленность России. 2004. № 12. С. 14-18.
245. Работнов Т. А. Что такое экология с точки зрения ботаника // Вестник Московского ун-та. Сер. биол. 1979. № 1. С. 12-20.
246. Равкин Ю. С. Птицы лесной зоны Приобья. Новосибирск: Наука, 1978. 288 с.
247. Равкин Ю. С., Богомолова И. Н., Ермаков Л. Н. Особенности распределения мелких млекопитающих Западно-Сибирской равнины // Сибирский экологический журнал. 1996. № 3-4. С. 307-317.

248. Реймерс Н. Ф. Начала экологических знаний. М.: Изд-во МНЭПУ, 1993. 262 с.
249. Реймерс Н. Ф., Яблоков А. В. Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы. М.: Наука, 1982. 145 с.
250. Ремизов В. В., Неелов Ю. В., Кононов В. И. Методы обеспечения экологической безопасности газодобывающих комплексов Западной Сибири // Промышленность России. 2000. № 10/11. С. 48-54.
251. Реморов В. В., Сидоренко Т. Н., Бушковский А. Л. Основные факторы техногенного нарушения окружающей среды в нефтедобывающих районах Томской области // Нефтяное хозяйство. 1996. № 11. С. 90-91.
252. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 2. Средняя Обь. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 408 с.
253. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 3. Нижний Иртыш и Нижняя Обь. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 423 с.
254. Роднянская Э. Е. Характеристика зональных особенностей растительности поймы р. Оби в таежной зоне // Вестник Ленингр. ун-та. Сер. геол. и геогр. 1969. № 12. С. 115-125.
255. Родоман Б. Б. Территориальные системы // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1972. № 4. С. 114-118.
256. Романенко Ю. В. Экологические проблемы в районах добычи и транспортировки нефти и газа в Западной Сибири // География на рубеже веков: проблемы регионального развития: матер. Междунар. науч. конф. Т. 3. Курск, 1999. С. 208-218.
257. Романова Е. А. Краткая ландшафтно-морфологическая характеристика болот Западно-Сибирской низменности: труды гос. гидрол. ин-та, 1965. Вып. 126. М., 1965. С. 96-112.
258. Российская Арктика: на пороге катастрофы. М.: ЦЭПР, 1996. 206 С.
259. Рузанова А. И., Воробьев Д. С. Трансформация донных сообществ в условиях нефтяного загрязнения // Экология пойм сибирских рек и Арктики / под ред. В. В. Зуева. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. С. 71-78.
260. Рыбина Г. Е. Токсичность буровых шламов разного состава нефтепромыслов Западной Сибири для пресноводных гидробионтов: автореф. ... дис. канд. биол. наук. М., 2004. 24 с.
261. Рябицев В. К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2001. 608 с.
262. Рябчиков А. М., Ермаков Ю. Г. Загрязнение окружающей среды и природопользование // Вопр. геогр. 1978. Вып. 108. С. 47-59.
263. Сабянин Г. В. Техногенное изменение недр — источник экологических опасностей при разработке месторождений // Экологические системы и приборы. 2005. № 6. С. 11-14.
264. Садов А. П. Общие направления трансформации почвенного покрова в районах добычи углеводородного сырья в лесотундре Западной Сибири

- // Проблемы природопользования в районах со сложной экологической ситуацией. Тюмень, 2003. С. 154-156.
265. Садов А. П., Кречетов П. П., Варущенко С. С. Экологические проблемы промыслов по добыче углеводородного сырья // Нефтяное хозяйство. 2008. № 12. С. 116-119.
266. Самсоненко В. Г. Охрана окружающей природной среды при производстве сейсморазведочных работ // Налоги. Инвестиции. Капитал. 2003. № 5-6; 2004. № 1. С. 15-26.
267. Сафаров А. М., Колчина А. А., Сафарова В. И., Кудашева Ф. Х. Особенности локализации нефтяных загрязнений на реках, связанные с последствиями аварий на подводных нефтепроводах // Нефтегазовое дело. 2005. /http://www.ogbus.ru/authors/SafarovAM/SafarovAM_1.pdf.
268. Сборник методик по определению загрязняющих веществ в промышленных выбросах. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 270 с.
269. Седых В. Н. Леса Западной Сибири и нефтегазовый комплекс. Вып. 1. Нефть и лес: Экологические проблемы. М.: Экология, 1996. 36 с.
270. Сербина Е. В. Геоэкологическое обоснование освоения ресурсов углеводородов российского сектора Каспийского моря на стадии геологоразведочных работ: автореф. ... дис. канд. геол.-мин. наук. Ростов н/Д, 2003. 24 с.
271. Сивоконь И. С., Шор Е. Л. Анализ современного состояния природной среды в районе Ватинского нефтяного месторождения // Биологические ресурсы и природопользование. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. пед. ин-та, 1997. Вып. 1. С. 99-113.
272. Сидорова Е. В., Акопова Г. С., Немкова Я. С., Можарова Я. В. Охрана почв на объектах газовой промышленности. М.: ИРЦ Газпром, 1994. 50 с.
273. Сизых А.П. Оценочно-прогнозная характеристика растительности при выборе мест для обустройства скважин разведки газа (на примере Иркутской области) // Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России. Нижневартовск: НГПИ, ХМРО РАЕН, ИОА СО РАН, 2000. С. 155-158.
274. Силин А. Н., Тандалов В. В. Некоторые вопросы охраны природной среды в связи с освоением газовых ресурсов Тюменского Севера // Изв. СО АН СССР. Сер. обществ. наук. 1975. № 11. Вып. 3. С. 63-66.
275. Скоромный В. И. Разработка методов и средств повышения безопасности эксплуатации нефтесборных трубопроводов: автореф. ... дис. канд. техн. наук. Уфа, 2004. 24 с.
276. Смолоногов Е. П., Вегерин А. М., Колесников Б. П. Лесорастительное районирование Тюменской области // Ботанические исследования на Урале. Вып. 5. Свердловск, 1970. С. 34-57.
277. Создание системы мониторинга наземных биогеоценозов Среднего Приобья: отчет по НИР / ТюмЛОС ВНИИЛМ, рук. Б. Е. Чижов. Тюмень, 1998. 53 с.

278. Соколова Н. В., Сухих В. И. Аэрокосмические методы оценки воздействий на лесной фонд нефте- и газодобычи: тез. докл. I Всесоюз. конф. М., 1988. С. 217-219
279. Солнцева Н. П. Геохимическая трансформация дерново-подзолистых почв под влиянием потоков высокоминерализованных сточных и пластовых вод // Техногенные потоки в ландшафтах и состояние экосистем. М.: Наука, 1981. С. 155-192.
280. Солнцева Н. П. Геохимическая устойчивость природных систем к техногенным нагрузкам (принципы и методы изучения, критерии прогноза) // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. М.: Наука, 1982. С. 181-216.
281. Солнцева Н. П. Общие закономерности трансформации почв в районах добычи нефти // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 23-42.
282. Солнцева Н. П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1998. 376 с.
283. Сосин В. Ф. Наземные позвоночные района Бованенковского газоконденсатного месторождения и проблема их охраны: тез. докл. I Всесоюз. конф. М., 1988. С. 204-205.
284. Солодовников А. Ю. Оценка воздействия на окружающую среду при обустройстве месторождений нефти и газа // Вопросы геологии, бурения и разработки нефтяных и газонефтяных месторождений Сургутского региона. Вып. 6. М.: Нефтяное хозяйство, 2005. С. 198-213.
285. Солодовников А. Ю. Хозяйственная деятельность как фактор воздействия на окружающую среду в регионах добычи нефти и газа (оценка и принятие управленческих решений): автореф. дис. ... докт. геогр. наук. СПб., 2007. 32 с.
286. Соровикова Н. В. Вопросы методики определения хозяйственной нагрузки на природу региона для целей экологического нормирования // Экологическое нормирование: Проблемы и методы / ОНТИ НЦБИ АН СССР. М., 1992. С. 118.
287. Соромотин А. В. Мезофауна нефтезагрязненных почв Среднего Приобья. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2000. 95 с.
288. Соромотин А. В. Наземные эталонные участки как основа для разработки методики дистанционного зондирования нефтяного загрязнения почвы // Дистанционные исследования и картографирование структуры и динамики геосистем. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2002. С. 92-93.
289. Соромотин А. В. Нефтяное загрязнение земель в зоне средней тайги Западной Сибири // Экология и промышленность России. 2004. № 8. С. 8-11.
290. Соромотин А. В. Оценка экологического состояния геологоразведочных скважин в Западной Сибири // Экология и промышленность России. 2006 (а). № 2. С. 34-39.

291. Соромотин А. В. Опыт картографирования современных эоловых форм рельефа в бассейне реки Пякупур // Геоинформационное картографирование для сбалансированного территориального развития. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2006 (б). Т. 2. С. 32-34.
292. Соромотин А. В., Барышникова О. Н., Барышников Г. Я., Сизов О. С. Бореальные ландшафты севера Западной Сибири в условиях хозяйственного освоения // Вестник Алтайского НЦ Сиб. акад. наук высшей школы. Барнаул: Изд-во «Азбука», 2005. С. 152-159.
293. Соромотин А. В., Гашев С. Н., Гашева М. Н., Быкова Е. А. Влияние нефтяного загрязнения на лесные биогеоценозы // Экология нефтегазового комплекса. М., 1989. Вып. 1, ч. 2. С. 180-191.
294. Соромотин А. В., Гашев С. Н., Казанцева М. Н. Солевое загрязнение таежных биогеоценозов при нефтедобыче в Среднем Приобье // Проблемы географии Западной Сибири. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1996. С. 121-131.
295. Сохина Е. Н., Зархина Е. С. Экологический каркас территории как основа системного нормирования // Общие принципы и подходы к территориальному нормированию природопользования. Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1989.
296. Сочава В. Б. Растительность // Физико-географический атлас Мира. М.: ГУГК, 1964. С. 66-67.
297. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1978. 319 с.
298. Стриганова Б. Р., Порядина Н. М. Животное население почв бореальных лесов Западно-Сибирской равнины. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2005. 234 с.
299. Тамплон Е. Ф. Антропогенное воздействие на территорию Ханты-Мансийского автономного округа // Проблемы региональной экологии. 1998. № 2. С. 63-75.
300. Таскаев А. И., Маркарова М. Ю., Зиакин И. А. Восстановление нефтезагрязненных земель на Севере // Экология и промышленность России, спецвыпуск. 2004. С. 19-23.
301. Техногенное воздействие на окружающую среду по Ханты-Мансийскому автономному округу-Югре. 2008 год // <http://www.admhmao.ru/socium/ekologiya/frame.htm>. 2009.
302. Титлянова А. А., Тесаржова М. Режимы биологического круговорота. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. 150 с.
303. Тихомирова А. Л. Учет напочвенных беспозвоночных // Методы почвенно-зоологических исследований. М.: Наука, 1975. С. 73-85.
304. Тишков А. А. Заповедная природа России сегодня и завтра // Энергия. 1994. № 2. С. 45-49.
305. Тишков А. А. Экологическая реставрация нарушенных экосистем Севера. М.: Изд-во УРАО, 1996. 116 с.

306. Тишков А.А. Биосферные функции природных экосистем России. М.: Наука, 2005. 309 с.
307. Трофимов С. Я. Рекультивация и инвентаризация загрязненных земель // Экология производства. 2006. № 3. С. 56-59.
308. Трофимов В. Т., Зилинг Д. Г., Барабошкина Т. А. и др. Экологические функции литосферы. М.: МГУ, 2000.
309. Трофимов В. Т., Зилинг Д. Г. Экологическая геология. М.: МГУ, 2003.
310. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Бурцев Л. И. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества. М.: Научтехлитиздат, 2003.
311. Трушкин В. В. Ландшафтное зонирование как основа эколого-экономической оценки лесных ресурсов: сб. науч. тр. Серия: Охрана окружающей среды. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. Вып. 4. С. 112-125.
312. Тыртиков А. П. Динамика растительного покрова и развитие вечной мерзлоты в Западной Сибири. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1974. 197 с.
313. Уварова В. И. Современное состояние качества воды р. Оби в пределах Тюменской области // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Тюмень: Изд-во ИПСО СО РАН, 2000. Вып. 1. С. 18-26.
314. Урсу Ю. Н. Последствия техногенного воздействия нефтяной отрасли на окружающую среду // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2006. № 3. С. 32-34.
315. Уткин В. И. Газовое дыхание Земли // Соровский образовательный журнал. 1997. № 1. С. 57-64.
316. Федоров В. Д., Гильманов Т. Г. Экология. М.: Изд-во МГУ, 1977. 464 с.
317. Федорив Л. В., Шевчук Н. П., Хмаринов Л. К. Об опасности отходов бурения скважин // Нефтяное хозяйство. 2000. № 3. С. 70-71.
318. Филатов А. Ю. Снижение уловов и качественные изменения состава ихтиофауны Средней Оби как следствие интенсивной добычи нефти // Проблемы природопользования в районах со сложной экологической ситуацией: тез. докл. Тюмень, 2003. С. 148-149.
319. Хазиев Ф. Х., Фатхиев Ф. Ф. Изменение биохимических процессов в почвах при нефтяном загрязнении и активация разложения нефти // Агрохимия. 1981. Т. 1. № 10. С. 102-111.
320. Хайдаров Ф. Р., Хисаев Р. Н., Шадаков В. В. и др. Экологические проблемы нефтяной промышленности. Уфа: ООО «Издательство научно-технической литературы «Монография», 2005. 190 с.
321. Хайн Н. Дж. Геология, разведка, бурение и добыча нефти. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2004. 752 с.
322. Харук В. И. О разработке ГИС-техногенных воздействий на леса Сибири // Сиб. экол. журн. 1998. № 1. С. 25-30.
323. Харук В. И., Им С. Т., Ренсон К. Дж., Буренина Т. А. Оценка воздействия разработки нефтегазовых месторождений на леса Эвенкии по

- материалам съемки в оптическом и микроволновом диапазонах // География и природные ресурсы. 2003. № 4. С. 129-136.
324. Хаустов А. П., Редина М. М. Охрана окружающей среды при добыче нефти. М.: Дело, 2006. 552 с.
325. Хлебович И. А., Ротанова И. Н., Шибких А. А., Курепина Н. Ю. Системное медико-экологическое картографирование // Сиб. экол. журн. 2003. № 2. С. 193-204
326. Хомяков Д. М., Хомяков П. М. Экологические особенности освоения недр и развития топливно-энергетического комплекса России // Проблемы окружающей среды и природ. ресурсов: Обзор. информ. / ВИНИТИ. М., 1997. № 12. С. 2-20.
327. Хорошева О. В., Сизова Г. П., Горюхова Н. М. Биоценозы верховых болот Среднего Приобья и их изменение в результате антропогенного воздействия // Вестник МГУ. Биол. науки. 1990. № 5. С. 72-79.
328. Хренов В. Я. Почвы Тюменской области: словарь-справочник. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2002. 156 с.
329. Хромых В. В. Современные системы экологического сопровождения инвестиционно-строительных проектов нефтегазовых месторождений Западной Сибири // Региональные проблемы экологии и природопользования: тез. докл. Томск, 2000. С. 55-57.
330. Чемякин А. Г. Деградация и демутация сосняков северной подзоны тайги Западной Сибири под влиянием нефтегазодобычи: автореф. дис. ... канд. с/х наук. Екатеринбург, 2007. 24 с.
331. Чепурко Н. Л. Оды природной среде / Труды Тарт. ун-та. 1978. Вып. 475. С. 17-21.
332. Черкашин А. К. Теория и методы моделирования естественной и антропогенной динамики геосистем. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 198 с.
333. Чесноков Н. И. Рациональное использование пушных ресурсов Обского Севера в условиях промышленного освоения // Влияние хозяйственной деятельности человека на популяции охотничьих животных и среду их обитания: матер. науч. конф. Киров, 1980. Т. 2.
334. Чибилев А. А. Введение в геоэкологию: эколого-географические аспекты природопользования. Екатеринбург, 1998. 124 с.
335. Чижов Б. Е. Влияние нефтегазодобычи на лесной фонд и лесные экосистемы Среднего Приобья // Пути и средства достижения сбалансированного эколого-экономического развития в нефтяных районах Западной Сибири: труды NDI. Нижневартовск, 1995. Вып. 1. С. 34-38.
336. Чижов Б. Е. Лес и нефть Ханты-Мансийского автономного округа. Тюмень, 1998. 144 с.
337. Чижов Б. Е., Захаров А. И., Гаркунов Г. А. Деградационно-восстановительная динамика лесных фитоценозов после нефтяного загряз-

- нения // Леса и лесное хозяйство Западной Сибири. Вып. 6. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1998. С. 160-172.
338. Шварцев С. Л. Геологическая система «вода-порода» // Вестник РАН. Т. 67. № 6. 1997. С. 518-524.
339. Шевченко Л. Н., Ющенко Я. И. Ландшафтно-геохимические предпосылки формирования и развития экосети Украины (теоретико-методический аспект) // Украинский географический журнал. 2002. № 4. С. 55-62.
340. Шеметов Ю. В. Требования к экологической чистоте технологии бурения скважин // Экология в газовой промышленности: Прил. к журн. «Газовая промышленность». М., 1998. С. 34-37.
341. Шестаков А. С. Структура каркаса устойчивости // Оценка качества окружающей среды и экологическое картографирование. М.: Изд-во ИГ РАН, 1995. С. 116-122.
342. Шилова И. И. Первичные сукцессии растительности на техногенных песках нефтегазодобывающих районов Среднего Приобья // Экология. 1977. № 6. С. 5-15.
343. Шимановский Л. А. Охрана пресных подземных вод при бурении сейсморазведочных скважин // Геологические исследования и охрана окружающей среды на Западном Урале: тез. докл. науч.-техн. конф. Пермь, 1991. С. 52.
344. Шишмарев В. М. Экологические аспекты охраны водных биоценозов // Экология нефтегазового комплекса: тез. докл. I Всесоюз. конф. М., 1988. С. 196-197.
345. Шор Е. Л. Оценка удельных показателей нарушенности месторождений Нижневартовского района // Наука и образование ХМАО-XXI века: Сб. тез. докл. окр. конф. молодых ученых и специалистов. Сургут: СурГУ, 2000. С. 210-211.
346. Шор Е. Л. Воздействие разработки месторождений на население птиц сосняков-беломошников // Эколого-географические проблемы природопользования нефтегазовых регионов: теория, методы, практика / отв. ред. Ф. Н. Рянсий, С. Н. Соколов. Нижневартовск, 2003. С. 228-231.
347. Шор Е. Л., Хуршудов А. Г. Оценка средних фоновых концентраций нефтепродуктов в почвах и поверхностных водах нефтяных месторождений Нижневартовского района // Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России. Нижневартовск: НГПИ, ХМРО РАЕН, ИОА СО РАН, 2000. С. 147-148.
348. Шорникова Е. А. Некоторые возможные способы утилизации отходов бурения и нефтедобычи // Биологические ресурсы и природопользование.- Сургут: Дефис, 2002. Вып. 5. С. 99-109.
349. Шполянская Н. А. Мерзлая зона литосферы Западной Сибири и тенденции ее развития. М.: Изд-во МГУ, 1981. 168 с.

350. Экогеология России. Т. 1. Европейская часть / под ред Г. С. Вартаняна. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2000.
351. Экологическое состояние, использование природных ресурсов, охрана окружающей среды Тюменской области / Департамент по охране окружающей среды Тюменской области. Тюмень, 2004. 192 с.
352. Экология рыб Обь-Иртышского бассейна. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2006. 596 с.
353. Юдкин В. А. Птицы подтаежных лесов Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 2002. 488 с.
354. Юдкин В. А., Вартапетов Л. Г., Козин В. Г. Изменения населения наземных позвоночных при освоении нефтяных и газовых месторождений на севере Западной Сибири // Сиб. экол. журн. 1996. №6. С. 573-583.
355. Ягафарова Г. Г., Барахнина В. Б. Утилизация экологически опасных буровых отходов // Нефтегазовое дело. 2006. [http://www.ogbus.ru/authors /Yagafarova/ Yagafarova_2.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Yagafarova/Yagafarova_2.pdf).
356. Янин А. Н. Груз 500 отечественной экономики // Нефтяное хозяйство. 2005. № 11. С. 46-49.
357. Янин А. Н. Груз 500 отечественной экономики // Сибирский посад. 2007. № 6 (718).
358. Anderson Jay E. A conceptual framework for evaluating and qualifying naturalness // Conserv. Biol. 1991. № 3. P. 347-352.
359. Bernes C., Giege B., Johansson J. E. Design of an integrated monitoring programme in Sweden // Environ. Monit. and Assessment, 1986, 6. № 2. P. 113-126.
360. Costanza R. etc. al. The value of the world's ecosystem services and natural capital // Nature. 1997. Vol. 387. P. 253-260.
361. Chaphekar S. B. An overview on bio-indicators // J. Environ. Biol., 1991. vol. 12, Spec. Numb. P. 163-168.
362. Dabrowska Prot E. Monitoring ekologiczny ekosystemow ladowych-mozliwosci i zakres. Wiad. Ekol. 1985. 31. № 1. P. 55-66.
363. Donjon de Saint-Martin P.-U. Lamise en oeuvre d'une politique de l'environnement dans le domaine routier // Rev. geogr. routes et aerod. 1976. № 516. P. 50.
364. General guidelines for the development of the Pan-European Ecological Network // Nature and Environment. № 107. Council of Europe Publishing, Strasbourg, 2000. 50 p.
365. Haddad K. Marine wetland mapping and monitoring in Florida // Biol. Rep. US Dep. Inter. Fish, and Wildlife Serv. 1990. № 18. P. 145-150.
366. Lid G. Fugler brennes innel av gass-flammer i Nordsjoen // Fauna (Norge). 1977. T. 30. № 4.
367. Ludzack F. I., Ingram W. M., Ettinger M. B. Characteristics of a stream composed of oil refinery and activated sludge effluents // Sewage Industr. Wastes. 1957. № 29. P. 1177-1189.

368. MacArthur R. H., Wilson E. O. The theory of island biogeography. Princeton, 1967.
369. Notter M. Мониторинг окружающей среды в Швеции // Экол. экспертиза: Обзор. информ. / ВИНТИ. М., 1998. № 5. С. 54-66.
370. Protopopov N. F., Vorobyov D. S., Kolesnichenko L. G., etc. Assessment of soil & water quality in oil & gas fields (Tomsk region, Western Siberia) // Third SETAC World Congr. 10th Ann. Meeting of SETAC-Europe «Global Environmental Issues in the 21th Century: Problems, Causes and Solutions». Brighton (UK), 2000.
371. Rabe R. Der Nachweis von Luftverunreinigungen und ihrer Wirkungen durch Bioindikatoren // Forum Stadte-Hygiene. 1982. vol. 33. S. 15-21.
372. Siberian Forest, NASA Options, Winter'94. 1994, vol. 12.
373. Statement of Peatlands Impacted by Oil Production / N. F. Protopopov, D. S. Vorobyev, T. N. Sidorenko, A. I. Ruzanova, L. G. Kolesnichenko, T. A. Andreyeva, V. P. Seredina // SETAC 21st Annual Meeting «Environmental Science in the 21st Century: Paradigms, Opportunities, and Challenges». Nashville (USA), 2000.
374. Usage of Natural Wetland for Treatment of Wastewater in Luginetsky Oil & Gas Field / N. F. Protopopov, D. S. Vorobyov, G. A. Nadokhovskaya, L. F. Shepeleva, T. N. Sidorenko, A. I. Ruzanova // ISEB 2001 Meeting «Phytoremediation». Leipzig, 2001.

Научное издание

Андрей Владимирович СОРОМОТИН

ВОЗДЕЙСТВИЕ ДОБЫЧИ НЕФТИ
НА ТАЕЖНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Монография

Редактор	<i>Н. П. Дементьева</i>
Технический редактор	<i>Н. Г. Яковенко</i>
Компьютерная верстка	<i>Т. С. Бакиева</i>
Компьютерный дизайн обложки	<i>Н. В. Ахпателова</i>
Трафаретная печать	<i>А. В. Ольшанский</i>
Офсетная печать	<i>В. В. Торопов, С. Г. Наумов</i>



Подписано в печать 28.07.2010. Тираж 300 экз.
Объем 20,0 усл. печ. л. Формат 60×84/16. Заказ 406.

Издательство Тюменского государственного университета
625003, г. Тюмень, ул. Семакова, 10
Тел./факс (3452) 45-56-60; 46-27-32
E-mail: izdatelstvo@utmn.ru