

Сибирское отделение РАН
Государственная публичная научно-техническая библиотека
Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти
Восточной нефтяной компании «ТомскНИПИнефть ВНК»

Серия «Экология»
Издается с 1989 г.
Выпуск 78

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ
НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Выпуск 1

Инженерно-экологические изыскания территории
нефтяных и газовых месторождений, инвентаризация
и рекультивация нефтезагрязненных земель

Аналитический обзор

Новосибирск, 2005

ББК 33.361+40.6

Экологическое сопровождение разработки нефтегазовых месторождений. Вып. 1. Инженерно-экологические изыскания территории нефтяных и газовых месторождений, инвентаризация и рекультивация нефтезагрязненных земель = Environmental Escort for exploitation oil and gas deposits. Issue 1. Engineering and environmental investigation of the territories with oil and gas deposits, inventory and recultivation of oil-contaminated grounds : анализ. обзор / А.Г. Гендрин, Г.А. Надоховская, Т.Н. Сидоренко, Ю.П. Мылъников, В.А. Кондыков, А.А. Искрижитский, Е.С. Русинова, Л.А. Собанина, О.В. Ротарь; Гос. публ. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук; ТомскНИПИнефть ВНК. – Новосибирск, 2005. – 112 с., ил. – (Сер. Экология. Вып. 78).

ISBN 5-94560-102-0

Серия аналитических обзоров «Экологическое сопровождение нефтегазовых месторождений» ставит целью на основе литературных данных провести анализ проблем экологического сопровождения и представить опыт, накопленный отделом экологии ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК» за многолетнюю практику работ по экологическому сопровождению нефтегазовых месторождений.

Первый выпуск данной серии включает в себя обзор проблем, связанных с проведением инженерно-экологических изысканий, инвентаризацией нефтезагрязненных земель и методами рекультивации последних. Актуальность и приоритет рассмотрения этих вопросов в первом выпуске обусловлены тем, что инженерно-экологические изыскания являются основным источником данных о фактическом состоянии природной среды на территориях месторождений. Эта исходная информация о природной среде на территориях месторождений (полученная на этом этапе) является основой для разработки экологической документации для различных стадий освоения месторождений нефти и газа. Проблемы инвентаризации (инженерно-экологические изыскания для целей выявления нефтезагрязненных земель) и рекультивации нефтезагрязненных земель до настоящего времени являются одним из основных моментов среди претензий к предприятиям нефтегазового комплекса со стороны природоохранных органов государственного контроля. Поэтому обзор возможных подходов к решению данных проблем и рассмотрение многолетнего опыта нашей организации предопределили включение данного вопроса в первый выпуск. В обзоре использована в основном отечественная литература за последние 25 лет.

Обзор предназначен для специалистов в области охраны окружающей среды и природопользования, а также для преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

The aim of the series of analytical reviews «Environmental Escort for exploitation oil and gas deposits» is basing on literature data to analyze the problems of environmental escort and present the own experience of ecological department within ОАО «TomskNIPIneft VNK». The 1st issue is devoted to the problems, connected with engineering and environmental investigations, inventory of oil-contaminated grounds and their recultivation. The priority of treating these question is due to the fact that engineering and environmental investigations are the main data source on real environment state on territories with oil and gas deposits. This primary information is the base for preparing environmental documentation for different stages of exploiting oil and gas deposits. Use is made of mainly home literature of the last 25 years. The review is for specialists in thre environment protection, tutors, post-graduates and students.

Ответственный редактор канд. физ.-мат. наук А.Г. Гендрин

Обзор подготовлен к печати д-ром пед. наук О.Л. Лаврик
канд. пед. наук Т.А. Капложной
М.Б. Зеленской
Л.Б. Шевченко

ISBN 5-94560-102-0 © Государственная публичная научно-техническая библиотека
Сибирского отделения Российской академии наук
(ГПНТБ СО РАН), 2005

ВВЕДЕНИЕ

Под экологическим сопровождением нефтегазовых месторождений понимают комплексное обеспечение предприятий-природопользователей, осуществляющих разведку, бурение, добычу, транспортировку и переработку нефти и газа, всей необходимой, в соответствии с природоохранным законодательством РФ и условиями лицензионных соглашений на природопользование, документацией, регламентирующей вышеозначенную деятельность. Такая трактовка экологического сопровождения предполагает решение весьма значительного круга задач по разработке экологической документации для предприятий-природопользователей на разных стадиях освоения месторождений. В зависимости от стадии освоения месторождений предприятиям требуется вполне конкретный набор документации экологического профиля. В то же время для организации, взявшей на себя осуществление экологического сопровождения предприятий нефтегазового комплекса, это означает решение значительного круга задач, без реализации которых экологическое сопровождение невозможно. В частности, для реализации экологического сопровождения в нашем понимании необходимо решение нижеперечисленных задач:

- проведение инженерно-экологических изысканий (ИЭИ) для целей разработки проектов «Оценка воздействия на окружающую среду» (ОВОС), проектов водоохранных зон и программ экологического мониторинга природной среды территорий месторождений;
- разработка природоохранной документации для предприятий – природопользователей в соответствии с действующим природоохранным законодательством (проекты нормативов ПДВ (предельно-допустимых выбросов) в атмосферу, проекты нормативов ПДС (предельно-допустимых сбросов) в водные объекты, проекты нормативов образования и лимитов размещения отходов, паспорта отходов, нормативы водопотребления и водоотведения, экологические паспорта и другая обязательная разрешительная документация);
- обоснование деятельности по использованию природных ресурсов (водопользование, владение и использование земельного участка, пользование недрами, лесопользование, использование объектов животного мира и т.д.);

- разработка программ инженерно-экологических изысканий и экологического мониторинга;
- выполнение разделов «Охрана окружающей среды» (ООС) и «Оценка воздействия на окружающую среду» в предпроектной и проектной стадии разработки документации;
- разработка проектов водоохранных зон территорий месторождений нефти и газа, а также трасс трубопроводов внешнего транспорта добываемой продукции;
- разработка регламентных документов;
- создание базы данных (БД), анализ, обоснование для рекомендации к использованию экологически безопасных, ресурсосберегающих производственных технологий и технических решений при проведении разведочных работ, бурении, добыче и транспортировке нефти и газа;
- создание БД, анализ, обоснование для рекомендации к использованию передовых природоохранных технологий;
- создание БД, анализ, обоснование для рекомендации к использованию технологий ликвидации последствий аварий и нарушений природоохранного законодательства на предприятиях нефтегазового комплекса;
- обеспечение исходной экологической информацией всех предприятий-природопользователей;
- проведение экологического мониторинга;
- инвентаризация нефтезагрязненных земель, разработка проектов рекультивации;
- создание и ведение банков данных наблюдений за состоянием окружающей среды на территориях месторождений;
- выявление тенденций, оценка и прогнозирование качественного и количественного изменения состояния окружающей среды;
- проведение химико-аналитических работ;
- разработка и ведение БД экологического профиля на основе технологий геоинформационных систем (ГИС-технологий);
- обеспечение картографической информацией экологического профиля всех предприятий-природопользователей;
- проведение экологического аудита предприятий нефтегазового комплекса с целью оценки состояния предприятия в целом и отдельных аспектов его деятельности с точки зрения экологической безопасности и соответствия требованиям экологического законодательства;
- проведение сертификационного аудита предприятий нефтегазового комплекса с целью выявления соответствия производственной и природоохранной деятельности предприятия требованиям международных стандартов;
- осуществление авторского надзора за исполнением рекомендаций;
- проведение на основании аудиторских проверок экономического анализа деятельности предприятия с точки зрения рационального исполь-

зования природных ресурсов, воздействия на окружающую среду, эффективности природоохранных решений;

- внедрение механизма страхования потенциальных экологических рисков;
- оказание консультационной юридической поддержки предприятиям нефтегазодобывающего комплекса в решении экологических проблем.

Решение этих задач позволит предприятиям нефтегазового комплекса повысить обоснованность и качество принимаемых решений по природоохранной деятельности, исключить необоснованные затраты, штрафные санкции и, в конечном итоге, снизить себестоимость добываемой нефти, что, в свою очередь, повлияет на повышение конкурентоспособности и капитализации предприятий. Таким образом, экологическое сопровождение предприятий нефтегазового комплекса представляет собой весьма многогранную и сложную задачу.

Предполагаемая серия аналитических обзоров «Экологическое сопровождение нефтегазовых месторождений», по замыслу авторов, ставит целью провести анализ проблем экологического сопровождения и представить на суд заинтересованных лиц опыт, накопленный отделом экологии ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК» за многолетнюю практику работ по экологическому сопровождению месторождений ОАО «Томскнефть» ВНК. Планируется выпуск нескольких обзоров, посвященных наиболее актуальным вопросам экологического сопровождения из числа вышеперечисленных.

Первый выпуск данной серии включает в себя аналитический обзор проблем, связанных с проведением инженерно-экологических изысканий, инвентаризацией нефтезагрязненных земель и методами рекультивации последних. Актуальность и приоритет рассмотрения именно этих вопросов в первом выпуске обусловлены тем фактом, что инженерно-экологические изыскания являются основным источником данных о фактическом состоянии природной среды на территориях месторождений. Именно исходная информация о природной среде на территориях месторождений, полученная на этом этапе, является основой для разработки экологической документации для различных стадий освоения месторождений нефти и газа. Проблемы инвентаризации (инженерно-экологические изыскания для целей выявления нефтезагрязненных земель) и рекультивации нефтезагрязненных земель до настоящего времени являются одними из основных среды претензий к предприятиям нефтегазового комплекса со стороны природоохранных органов государственного контроля. Поэтому обзор возможных подходов к решению данных проблем и рассмотрение многолетнего опыта нашей организации предопределили включение данного вопроса в первый выпуск.

Глава 1. ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Значительное негативное воздействие на окружающую среду оказывает развитие базовой отрасли топливно-энергетического комплекса (ТЭК) – нефтегазового комплекса (НГК). Перемещение его сырьевой базы в Западную Сибирь создало кризисную экологическую обстановку в этом регионе. В результате неразумного использования водных ресурсов, многочисленных аварий на нефте- и газопроводах и промышленных сооружениях, сброса загрязненных вод нанесен значительный ущерб водным экосистемам (например, на многих водных участках р. Оби и ее притоков содержание органических веществ превышает предельно-допустимую концентрацию в десятки раз). В Западной Сибири вовлечено в строительство более 500 тыс. га лесных массивов, в результате чего потери древесины составили около 50 млн м³. Нанесен существенный ущерб народному хозяйству в связи с ухудшением среды обитания промысловых видов диких животных. Нефтегазовая отрасль остается потенциально опасной по загрязнению окружающей среды и ее компонентов /1/.

Воздействие НГК на окружающую среду осуществляется по ряду направлений:

- прямое изъятие ресурсов (нефть, газ, газоконденсат, поверхностные и артезианские воды, нерудные строительные материалы, древесина);
- использование ресурсов (водные, земельные, растительные);
- поступление загрязнений в окружающую среду (выбросы в атмосферу, сбросы в водоемы и на рельеф, закачка сточных вод в подземные горизонты, отходы, шум и вибрация и др.);
- изменение рельефа и ландшафта;
- уничтожение части природных ресурсов.

В связи с деятельностью НГК на первом месте стоит загрязнение поверхностных вод, на втором – загрязнение почвенного покрова, на третьем – изменение рельефа.

Объекты ТЭК являются одними из основных источников загрязнения воздушного бассейна продуктами сгорания топлива, загрязнения водных бассейнов и нарушений природных ландшафтов. Сегодня на долю предприятий ТЭК приходится около 50% объема используемой в промышленности свежей воды в целом по стране, около 48% выбросов вредных ве-

ществ в атмосферу, до 36% сточных вод, свыше 30% твердых веществ. Ежегодно нарушается до 2 тыс. га плодородных земель /1/.

Основными источниками выбросов вредных веществ в атмосферу являются многочисленные утечки на промыслах, а также сжигание попутного нефтяного газа на факелах. При одном порыве нефтепровода выбрасывается в среднем 2 т нефти, что выводит из строя до 1000 м³ земли. По данным РАО «Газпром» на 01.01.96 г., суммарная площадь нарушенных земель на территории объектов газовой отрасли составила 62,4 тыс. га, из них – 58,7 тыс. га – нарушенные при строительных разработках, 2,95 тыс. га – при геологоразведочных работах и разработке месторождений /1/.

В то же время нефтяное и газовое дело сегодня – едва ли не самая стабильная отрасль отечественной промышленности. Продукция предприятий ТЭК является основой всей российской экономики, а поступающие налоги – одна из главных составляющих государственного бюджета страны /2, 3/. Нефтегазовая отрасль сегодня одна из немногих в стране, которая должна и реально способствовать решать и оценивать экологические проблемы, связанные с ее производственной деятельностью /4/.

В современных условиях во всех отраслях промышленности все большую актуальность приобретает грамотное экологическое сопровождение деятельности предприятий. Ведение необходимой экологической документации нефтегазодобывающей отрасли находится под особенно строгим контролем, так как деятельность предприятий данной отрасли связана с использованием невозобновляемого ресурсного потенциала.

Развитие нефтегазового комплекса Томской области проводилось многие годы без учета специфических особенностей местной природной среды, уровня ее загрязнения и трансформации ландшафтов.

В настоящее время на территории месторождений отсутствует сеть наблюдений за уровнем загрязнения приземного слоя атмосферы. Поэтому за концентрации основных загрязняющих веществ на территории месторождений принимаются концентрации загрязняющих веществ ближайших населенных пунктов. Учитывая, что месторождения находятся в малонаселенной местности, на значительном расстоянии от населенных пунктов, фоновые концентрации загрязняющих веществ нередко принимаются равными нулю.

Гидробиологические посты, которые характеризуют гидрометрическое, гидрохимическое и гидробиологическое состояние водотоков, были и в настоящее время существуют только на крупных реках (Обь, Томь, Вах). Гидрологические характеристики малых рек, протекающих по территории месторождений, до настоящего времени отсутствуют.

До сих пор отсутствуют кадастры почв, растительности, ландшафтов территории регионов нефтедобычи Западной Сибири, исключение составляет территория Ханты-Мансийского автономного округа, где данные работы проведены из средств отрасли. Ужесточение штрафных санкций за

загрязнение окружающей среды и выход новой нормативно-правовой документации по принятию и реализации решений о размещении, проектировании и строительстве объектов нефтяной и газовой промышленности /5, 6/ сделало еще более актуальным определение исходного состояния природной среды до начала техногенного воздействия на последнюю. Проведение инженерно-экологических изысканий и является механизмом реализации данной задачи.

Регламентирующими документами, определяющими состав, порядок и саму процедуру проведения инженерно-экологических изысканий, являются федеральный закон «Об охране окружающей природной среды» /7/ и свод правил «Инженерно-экологические изыскания для строительства» /8/. Первая комплексная инженерно-экологическая экспедиция ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК» была проведена на территории Мыльджинского газоконденсатного месторождения ОАО «Томскгаз» в 1998 г. Институтом были привлечены специалисты томской вузовской и академической науки для совместной работы. К настоящему времени накоплен богатый и разнообразный опыт проведения ИЭИ на месторождениях, расположенных в различных ландшафтно-экологических условиях, разных стадиях освоения месторождений. Описано исходное состояние природной среды 46 месторождений.

Этапы ИЭИ территорий месторождений представлены на рис.1.1.

В состав ИЭИ входят:

1. Подготовительные работы, включающие:

- сбор, обработку и анализ фондовых материалов ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК», Томского государственного университета (ТГУ), ОАО «Томскнефтегазгеология», материалов геолфондов, материалов лесоустройства, опубликованных работ, отчетов о научно-исследовательских работах и литературных данных о состоянии природной среды на площади месторождения;

- предварительное выполнение картографических работ с нанесением техногенных объектов промысла и природно-географических и ландшафтных особенностей размещения месторождения с использованием топографических карт, аэрофото- и спутниковых снимков, а также карт-схем лесоустройства и таксационных описаний к ним;

- определение ключевых участков и предварительных мест пробоотбора;
- оценку антропогенной нагрузки.

2. Полевые исследования включают:

- маршрутные наблюдения с борта вертолета и наземные исследования по ключевым участкам с покомпонентным описанием природной среды и ландшафтов в целом, состояния наземных и водных экосистем, источников техногенного и антропогенного загрязнения;

- отбор проб воздуха из приземного слоя атмосферы от объектов промысла и на фоновых участках;

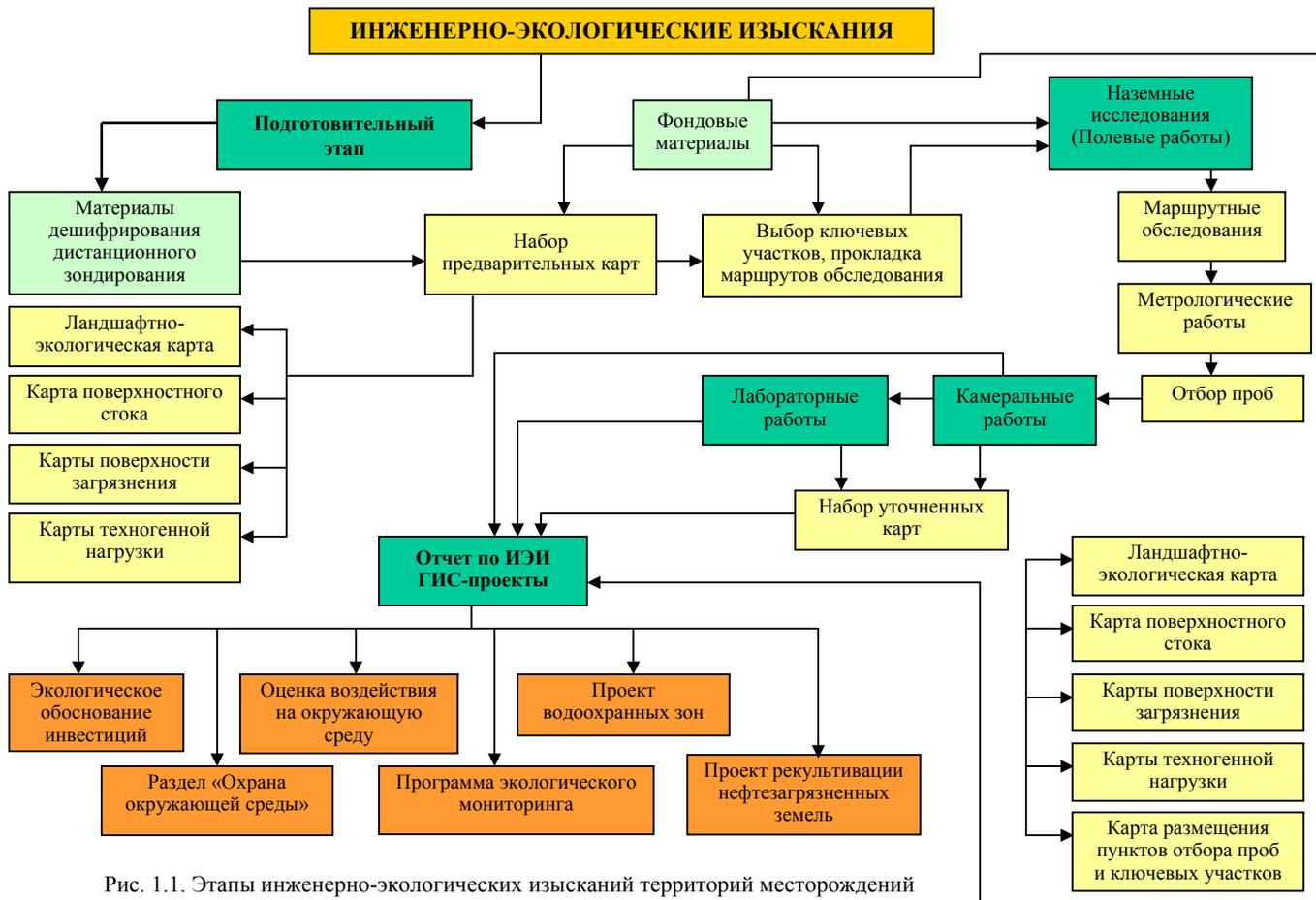


Рис. 1.1. Этапы инженерно-экологических изысканий территорий месторождений

- эколого-гидрогеологические и гидробиологические исследования;
- почвенные полевые исследования;
- изучение растительности и животного мира.

3. Выполнение камеральных работ и количественного химического анализа (КХА):

- камеральная подготовка доставленных проб с месторождения;
- почвенные исследования, результаты камеральной обработки почвенных разрезов;
- оценка загрязненности почв, грунтов, поверхностных и подземных вод, донных отложений;
- камеральная обработка бентоса, использование гидробиологических параметров для определения степени чистоты водных объектов;
- камеральная обработка геоморфологических, ландшафтных, геоботанических материалов;
- лабораторные химико-аналитические исследования, выполнение КХА воздуха, воды, почв, донных отложений;
- создание уточненных карт с использованием методов дешифрирования данных аэрофото- и спутниковой съемки, полевых и камеральных работ.

4. Написание отчета по ИЭИ. Создание ГИС-проектов.

На основе результатов ИЭИ решаются следующие задачи:

- выполняется анализ существующего и фоновое состояние природной среды с учетом антропогенной нагрузки;
- проводится экологическое обоснование намечаемой хозяйственной деятельности, в том числе размещения планируемых технических сооружений;
- формируется база данных экологической информации;
- создается кадастр экосистем и оценка начального уровня их трансформации;
- разрабатывается экологическое обоснование инвестиций;
- разрабатываются разделы охраны окружающей среды для технологических схем разработки, проектов пробной эксплуатации месторождений и других документов;
- прогнозируется и оценивается состояние окружающей среды на территориях планируемой хозяйственной деятельности (ОВОС);
- разрабатываются программы экологического мониторинга для объектов нефтегазодобывающего комплекса;
- разрабатываются проекты водоохраных зон для водных объектов;
- разрабатываются проекты рекультивации нефтезагрязненных земель.

Полученные результаты служат основой для принятия оптимальных управленческих решений и оценки экологической обстановки на территории обустройства месторождений в целях ликвидации и/или минимизации негативных экологических последствий хозяйственной деятельности.

1.1. Исходная информация о существующем состоянии природной среды на территориях нефтегазовых месторождений

1.1.1. Физико-географическая характеристика территории месторождения

При изложении материала желательна иллюстрация приводимых сведений фотографиями, картами описываемых мест, что увеличивает наглядность работы, а также позволит в будущем оценить динамику развития описываемых природных явлений. В данной главе приводится обзорная карта месторождения. Дается площадь лицензионного участка и характеристика территории до начала обустройства месторождения, административная принадлежность района работ, наименование землепользователя.

Геоморфология. В данном разделе на основе литературных данных и топографических карт дается описание рельефа территории, строение долинной сети, водоразделов и склонов. Приводятся абсолютные и относительные отметки высот, глубины эрозионных врезов, количество, плотность и густота оврагов (коэффициент расчлененности территории), преобладающие физико-географические процессы (заболочивание, эрозия и др.), их распространение и активность.

Геология. На основе литературных данных, данных Федерального агентства по недропользованию и геологических фондов приводится описание геологического разреза площади инженерно-экологических изысканий (литологический и минеральный состав, физико-механические свойства, коэффициент фильтрации), структурно-тектонические особенности территории, характеристика геологических процессов. Отмечается наличие геохимических и геофизических аномалий, мерзлотных пород, месторождения минерального и органического сырья, приводятся запасы, утвержденные ЦКЗ, приводятся материалы, подтверждающие возможность их извлечения.

Гидрогеология. В гидрогеологической характеристике приводится описание бассейна, к которому относится территория исследований, описываются водоносные горизонты. Приводятся глубина залегания и сезонные колебания уровня грунтовых вод, мощность водоносных горизонтов и водоупорных пластов, защищенность грунтовых и первого от поверхности эксплуатируемого горизонта подземных вод, область питания и разгрузки каждого горизонта, гидрогеологические параметры водоносных горизонтов (коэффициенты фильтрации, коэффициенты проницаемости и др.), характер уровней подземных горизонтов, взаимосвязь между поверхностными и подземными водами, агрессивность подземных вод по отношению к бетону и металлическим конструкциям. Даются сведения о наличии действующих водозаборов подземных вод. Оценивается пригодность подземных вод по санитарному и химическому составу для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Климат. Важной характеристикой территории месторождения выступает климат, поэтому климатические характеристики важны как для проведения ИЭИ, так и для строительства, эксплуатации, ликвидации промысла, ликвидации последствий аварий и других случаев. Климатические характеристики приводятся по данным ближайшей метеостанции (необходимо приложить справку Росгидромета) и литературным данным. Определяется тип климата. Приводятся температурный режим (средняя максимальная температура июля, средняя минимальная температура января, абсолютный минимум и максимум температуры), продолжительность беснежного периода дней в году, даты установки и разрушения снегового покрова, высота снегового покрова, средняя продолжительность безморозного периода, среднее количество осадков (мм в год), преобладающие ветры, среднегодовая скорость ветра, число дней с сильным ветром (15 м/с и более) и штилем, повторяемость туманов.

Гидрология. Дается перечень водных объектов. На основе литературных данных, данных Росгидромета и Федерального агентства водных ресурсов приводятся данные по протяженности, ширине, площади водосбора; поверхностный сток и его особенности, зарегулированность стока – естественная (коэффициенты заболоченности, залесенности территории) и искусственная (наличие гидротехнических сооружений), средняя продолжительность половодья, летней и зимней межени, режим питания рек, ледовый режим и режим речного стока (среднегодовые и максимальные расходы воды), гидрохимический режим водных объектов. Отмечается наличие заболочиваемых территорий, водный режим болот и физико-химические свойства болотных вод /9/.

Согласно ГОСТ 17.1.2.04-77 «Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов» /10/ определяется категория рыбохозяйственных водотоков. Дается рыбохозяйственная характеристика.

Почвы, растительность, животный мир. Приводится характеристика растительного покрова, дается краткое описание района работ согласно ботанико-географическому районированию. Оценивается процентное соотношение лесов и болот. Описываются преобладающие типы зональной растительности и их функциональное значение, флора района работ. Отмечается наличие редких, эндемичных и реликтовых растений, занесенных в Красную книгу /11, 12/.

Описывается почвенный покров территории, дается характеристика основных типов и подтипов почв, их распространение, подстилающие породы. Оценивается качество и плодородие почв, физико-химические свойства почв, степень их деградации.

Характеристика животного мира территории осуществляется по литературным данным и данным областного управления охотничьего хозяйства. Описывается фауна исследуемой территории, обилие видов, естественная динамика численности. Отражается наличие или отсутствие особо ох-

раняемых видов (редких, эндемичных, исчезающих, занесенных в Красную книгу), особо ценных охотничьих угодий, крупные миграционные пути охотничьих животных.

Территории природоохранного назначения и ограниченного пользования. Действующим законодательством РФ определяется перечень территорий, в которых не допускается или допускается ограниченно производственная деятельность (по специальному разрешению после принятия особых мер предосторожности). Данные о наличии природоохранных территорий и территорий ограниченного природопользования принимают на основании литературных данных, материалов Федерального агентства лесного хозяйства, Роскомзема, Управления охотничьего хозяйства, научно-исследовательских организаций.

К таким территориям относятся:

- земли сельскохозяйственного назначения (пашни, пастбища, фермерские хозяйства и др.);
- леса I группы хозяйственного пользования: запретные к рубке полосы лесов вдоль рек и автодорог федерального значения, леса II группы рекреационного назначения;
- водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы поверхностных водных объектов /13/;
- территории заказников, заповедников, памятников природы, территории приоритетного природопользования коренного населения (для Томской области – ханты, селькупы и др. малочисленные народы Севера);
- ценные охотничьи угодья, пути миграций охотничье-промысловых животных, места стоянок перелетных птиц, места обитания и гнездования редких животных и птиц.

Собранная информация корректируется с картографическим материалом и данными аэрофото- и спутниковой съемки.

1.1.2. Краткая характеристика промысла

Данный раздел разрабатывается на основе всей имеющейся документации на конкретное месторождение: технологической схемы, технико-экономического обоснования, проекта пробной эксплуатации и другой проектной документации.

Дается характеристика месторождения, описываются запасы газа, нефти или конденсата, приводится перечень объектов, утвержденных к строительству. Описываются технологическая и транспортная схемы, система водоснабжения и канализации, электроснабжение, теплоснабжение, связь и существующие способы обращения с отходами.

1.1.3. Краткая характеристика промысла как объекта воздействия на окружающую природную среду

Описываются источники негативного воздействия на окружающую природную среду. Дается их характеристика с точки зрения воздействия на основные компоненты окружающей среды – недра, рельеф, атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почвенный покров, животный и растительный мир.

Характер и масштаб воздействия промысла на основные компоненты природной среды могут быть охарактеризованы в табличном варианте (табл. 1.1).

1.2. Использование географических информационных систем и данных дистанционного зондирования в инженерно-экологических изысканиях

Картографический метод является одной из важнейших форм пространственного моделирования изучаемых объектов. Картографическая модель вскрывает важные в географическом смысле пространственные отношения между исследуемым явлением и другими естественными и общественными явлениями, отображаемыми в данной модели (карте) /14/. Сущность ГИС состоит в способности связывать с картографическими объектами некоторую описательную атрибутивную информацию (в первую очередь цифровую и текстовую). При создании компьютерных карт, составляющих основу ГИС, возможно использование как методического аппарата традиционного тематического картографирования природной среды, так и новых возможностей, заложенных в программных средствах разработки. Применение ГИС многократно увеличивает скорость и объем обрабатываемой и анализируемой информации, делая тем самым доступным решение принципиально новых по сравнению с традиционными «бумажными» картами задач.

Наиболее существенной для экологических исследований является возможность моделирования в картографическом виде, получение в режиме реального времени серии оперативных карт, характеризующих те или иные аспекты состояния окружающей природной среды. Как правило, при построении подобных карт используются введенные в атрибутивную БД числовые параметры.

В этом отношении использование ГИС-технологий очень удобно для хранения, описания, анализа и графического отображения эколого-геохимической информации, которая состоит из числовых значений (содержание различных химических веществ в почвах, воде, снеге, растениях и т.д.). При описании природных факторов, влияющих на состояние окружающей

Т а б л и ц а 1.1

Форма для заполнения таблицы «Общая характеристика существующей техногенной нагрузки на окружающую среду района расположения месторождения»

Наименование показателя	Единицы измерения	Величина показателя
1	2	3
1. Характеристика загрязнения атмосферы: основные источники загрязнения атмосферы в районе строительства (организованные, неорганизованные)		
2. Валовый выброс загрязняющих веществ	т/год	
3. Характеристика загрязненности вод поверхностных водных объектов: <ul style="list-style-type: none"> • наименование водных объектов; • наименование загрязняющих веществ; • концентрация загрязняющих веществ; • основной источник загрязнения 	мг/л	
4. Характеристика загрязненности подземных вод: <ul style="list-style-type: none"> • глубина водоносных горизонтов; • площадь загрязнения; • наименование загрязняющих веществ; • концентрация загрязняющих веществ; • основной источник загрязнения 	м м ² мг/л	
5. Характеристика использования водных ресурсов: <ul style="list-style-type: none"> • наименование водных объектов; • объем забираемой воды из поверхностных водных объектов; • объем забираемых подземных вод 	тыс. м ³ /сут	
6. Характеристика состояния территории: площадь нарушенных земель	га	
7. Характеристика состояния растительности и животного мира: <ul style="list-style-type: none"> • виды техногенного воздействия на растительность (поражение кислотными дождями, загрязнение атмосферы и водной среды, подтопление или иссушение территории); • виды растительности, подверженные техногенному воздействию – лесная растительность; 	га	

Наименование показателя	Единицы измерения	Величина показателя
1	2	3
<ul style="list-style-type: none"> • виды техногенного воздействия на животный мир: уничтожение лесов, кормовой базы, гнездований, мест нереста, изменение состояния водных объектов и т.п; • виды животных, подверженных техногенному воздействию; • источники техногенного воздействия – сооружения для обустройства месторождения 		

природной среды (т.е. экологически значимых), также зачастую применяются формализованные числовые показатели (например, в виде балльной оценки интенсивности проявления какого-либо процесса). Таким образом, большой фактический материал о состоянии природной среды может быть проанализирован и представлен как в графической (карта), так и в табличной формах.

Другим существенным преимуществом геоинформационных технологий над обычными «бумажными» картографическими методами исследований является возможность создания пространственных моделей в трех измерениях. В связи с доступностью оперативной компьютерной обработки громадных массивов высотных данных становится реально выполнимой задача создания максимально приближенной к действительности цифровой модели рельефа (ЦМР). На основе ЦМР, в свою очередь, возможно быстрое создание серии тематических карт: углов наклона рельефа, экспозиции склонов, а на их основе – и карт эрозионной опасности, геохимической миграции элементов, устойчивости ландшафтов.

Информационное обеспечение ГИС подразумевает комплексное использование различных массивов информации о состоянии природной среды на единой топографо-геодезической основе и интеграцию данных дистанционного зондирования (ДЗ).

По настоящему широкие перспективы открылись перед ДЗ только с развитием компьютерных технологий /15–18/, переносом всех основных операций по обработке и использованию данных съемок на персональные компьютеры (ПК), особенно в связи с появлением и широким распространением ГИС-технологий.

В настоящее время отмечается интенсивное развитие методов дистанционного зондирования окружающей среды. Они применяются для

широкого спектра исследовательских, картографических и мониторинговых задач. Получаемые в результате ДЗ аэрокосмические снимки важны здесь в двух формах применения: как источник оперативной и современной информации и как основа для создания тематической карты. Раньше система мониторинга, проводимая наземными службами, не всегда укладывалась в сроки проводимых обновлений и страдала от пространственных неточностей и недосмотров. Сегодня эта проблема однозначно снимается при наличии данных дистанционного зондирования (ДДЗ), которые практически этот вопрос решают утвердительно, с высокой степенью точности и объективной достоверности /19–21/.

Использование космической информации для изучения, картографирования и мониторинга растительных ресурсов в целом приобретает все большее значение в связи с возрастающими потребностями хозяйственных структур в такой оперативно получаемой и достоверной информации. Этому способствует также возросшее качество космической информации, главным образом выражающееся в повышении ее разрешающей способности и разнообразии, и сплошное и многократное покрытие космическими снимками (КС) почти всей территории Земли /22–31/.

Многократные космические съемки представляют в целом обширнейший объективный материал для картографического отображения стадии динамики природной среды, в том числе лесной растительности. Эти материалы позволяют зарегистрировать различные стадии развития растительных компонентов естественного и антропогенного происхождения, по сути своей они представляют естественную основу для слежения (мониторинга) за динамикой природных и антропогенных объектов в составе растительности и окружающей среды /32–36/.

Следовательно, данные ДЗ – это важнейший источник информации о природной среде для тематических слоев в ГИС, для поддержания данных ГИС в актуальном состоянии, а ГИС-технологии способствуют максимально эффективному совместному использованию разных типов информации – оперативной аэрокосмической, наземной, картографической.

Основные положения, связанные с понятиями аэрокосмических методов исследования – дистанционное зондирование, многозональные космические снимки, их типы и методы использования – изложены в многочисленных работах /37–43/.

Дистанционное зондирование Земли в широком смысле /44/ – это получение любыми неконтактными методами информации о поверхности Земли, объектах на ней или в ее недрах. Однако обычно к данным дистанционного зондирования относят только те методы, которые позволяют получить изображение земной поверхности в каких-либо участках электромагнитного спектра с авиационного или космического летательного аппарата. Таким образом, данные дистанционного зондирования – это прежде всего аэроснимки или космические снимки. Характеристики тако-

го изображения зависят от множества природных и технических условий. К природным условиям относят сезон съемки, освещенность снимаемой поверхности, состояние атмосферы и т.д. К техническим условиям следует отнести тип платформы, несущий сенсор, метод управления процессом съемки, ориентацию оптической оси съемочного аппарата, тип сенсора, метод получения изображения.

Важной особенностью ДЗ является наличие между объектами и регистрирующими приборами промежуточной среды, влияющей на излучение: это толща атмосферы и облачность. В атмосфере имеется несколько так называемых окон прозрачности, которые пропускают электромагнитные волны, поэтому волны этих длин и выбирают для регистрации /38, 41, 45, 46/.

Большую часть ДДЗ составляют снимки, которые дают возможность получения информации об объекте в виде изображения в цифровой или фотографической форме. Съёмочные системы разделяют по технологии получения снимков на фотографические, телевизионные, сканерные и радиолокационные /47/. Прежде всего они различаются по физическим принципам их получения. Для этого могут использоваться электромагнитные (ЭМВ) и радиоволны. Регистрироваться может собственное излучение объектов и отраженное излучение других источников. Этими источниками могут быть Солнце или сама съёмочная аппаратура. В последнем случае используется когерентное излучение (радары, сонары и лазеры), что позволяет регистрировать не только интенсивность излучения, но также и его поляризацию, фазу и доплеровское смещение, что дает дополнительную информацию. Работа самоизлучающих (активных) сенсоров не зависит от времени суток и года, погодных условий (облачный покров совершенно прозрачен для радара).

Виды съемки зависят от используемой съёмочной системы и, соответственно, технологии получения изображения. Основные виды съемки – аэросъемка, космическая съемка и наземная стереофотосъемка /38/.

Существуют несколько видов аэросъемки: аэрофотографическая, инфракрасная – тепловая, радиолокационная, а также геофизические аэросъемки /47/. Основные особенности современной аэрофотосъемки, за счет которых она по-прежнему является одним из основных методов ДЗ, это – очень высокое разрешение на местности и высокая геометрическая точность получаемого изображения.

Аэрофотосъемка представляет наибольший интерес для крупномасштабных географических исследований и топографического картографирования. Она подразделяется на плановую и перспективную в зависимости от направления оптической оси аэрофотоаппарата.

Наибольшее распространение имеет вид аэросъемки, который получил название многомаршрутной /38/. С ее помощью исследуемая территория сплошь покрывается серией снимков, имеющих продольное (в среднем 65%) и поперечное (35%) перекрытие.

В зависимости от используемых частей электромагнитного спектра (спектральных зон) и их числа снимки подразделяются на панхроматические (однозональные или стереоскопические), многозональные (мульти-спектральные), гиперспектральные, радиолокационные.

Панхроматические снимки представляют собой одиночные снимки в одном – видимом диапазоне спектра, по характеру передачи свойств объектов они схожи с фотографическими, обладают более высоким пространственным разрешением, чем многозональные. Такой тип снимков используют для создания одиночного «объемного» изображения или топографических, планиметрических карт и для уточнения границ объектов, выделяемых на многозональных снимках меньшего пространственного разрешения /41/.

Многозональные (мультиспектральные) снимки – одновременные снимки в разных зонах спектра, отражают специфику различных объектов, проявляющуюся в отражении в каждой из узких зон.

Достаточно полно требованиям экологического картографирования удовлетворяют многозональные съемки, имеющие различные узкие спектральные диапазоны. Области применения космической съемки при составлении экологических карт представлены в работе /48/.

Набор снимков одного и того же участка местности, полученных синхронно в разных зонах электромагнитного спектра, дает комплексную характеристику местности и позволяет получить достоверную и детальную информацию о природной среде: не только о ее физиономичных объектах, но и скрытых компонентах ландшафта. При картографировании следует учитывать, что каждый уровень генерализации, так же, как и каждая спектральная зона, несет определенную информацию о природной среде и, следовательно, характеризуется различной информативностью. В работе /48/ приводятся параметры, наиболее часто применяемые для целей комплексного изучения и картографирования природных условий, полученные в результате анализа экологической информативности различных материалов КС.

Радиолокационные снимки. На цифровых радиолокационных снимках, получаемых в диапазоне 1мм – 1 м, фиксируется структура («шероховатость») поверхности, а цифровые значения соответствуют разности высот поверхности, включая рельеф и микрорельеф, или объектов (деревьев, травы и т.п.). По таким снимкам изучают поверхностные загрязнения и поведение вод океанов, озер, а также структуру их дна, поскольку поверхностные вихри, зыбь и волны во многом зависят от рельефа.

Исследования показывают, что комбинирование характеристик радарных данных со снимками в видимой и ИК областях спектра обеспечивает более полную картину земной поверхности, что существенно расширяет сферу применения таких данных.

Гиперспектральные снимки – это снимки, получаемые гиперспектральными датчиками, регистрирующими данные в большом числе узких зон спектра, измеряемых обычно в нанометрах (нм). Для обоснованного применения гиперспектральных данных необходимо четко представлять, о каком явлении и каких изучаемых объектах идет речь в конкретном исследовании. Так, например, гиперспектральный датчик AVIRIS, получающий данные в большом числе зон шириной примерно в 10 нм, позволяет при соответствующем выборе соотношений зон идентифицировать минералы.

С более подробной классификацией снимков и направлений их использования в географических исследованиях и тематическом картографировании можно познакомиться в работе /45/.

Следующий уровень подразделения ДДЗ связан с характеристиками, зависящими от типа и орбиты носителя, съемочной аппаратуры и обуславливающими масштаб, охват территории и разрешение снимков /45/.

Возможность обнаружить и измерить то или иное явление, объект или процесс определяется, в первую очередь, разрешающей способностью сенсора. ДДЗ характеризуются несколькими видами разрешений: пространственным (определяемое линейным размером области на земной поверхности, представляемой каждым пикселом), спектральным (определяемое характерными интервалами длин волн электромагнитного спектра, к которым чувствителен датчик), радиометрическим (число возможных кодированных значений (уровней квантования) спектральной яркости в файле данных для каждой зоны спектра, указываемое числом бит) и временным (определяемое частотой получения снимков). Под термином «разрешение» обычно подразумевается пространственное разрешение.

Пространственное разрешение характеризует размер наименьших объектов, различимых на изображении. В зависимости от решаемых задач, могут использоваться данные очень низкого (более 10000 м), низкого (300–1000 м), среднего (50–200 м), высокого (1–40 м) и очень высокого (менее 1 м) разрешений /49/. Снимки очень низкого и низкого пространственного разрешения являются обзорными и позволяют одномоментно охватывать значительные территории вплоть до целого полушария. Такие данные используются чаще всего в метеорологии, при мониторинге лесных пожаров и других масштабных природных бедствий. Снимки среднего и высокого пространственного разрешения на сегодня – основной источник данных для мониторинга природной среды. Спутники со съемочной аппаратурой, работающей в этом диапазоне пространственных разрешений, запускались и запускаются многими странами – Россией, США, Францией и др., что обеспечивает постоянство и непрерывность наблюдения. Съемка очень высокого разрешения из космоса до недавнего времени велась почти исключительно в интересах военной разведки, а с воздуха – с целью топографического картографирования. Однако сегодня уже есть коммерчески доступные космические снимки очень высокого

разрешения со спутника QuickBird, с пространственным разрешением 0,61 м в панхроматическом режиме. Снимки высокого и очень высокого пространственного разрешения позволяют проводить пространственный анализ с большей точностью или уточнять результаты анализа при среднем или низком разрешении.

Спектральное разрешение указывает на то, какие участки спектра электромагнитных волн регистрируются сенсором. Условно весь диапазон длин волн, используемых в ДЗЗ, можно поделить на три участка – радиоволны, ИК-излучение и видимый свет. Такое деление обусловлено различием взаимодействия электромагнитных волн и земной поверхности, различием в процессах, определяющих отражение и излучение ЭМВ.

Дистанционное изображение поверхности земли является отражением некоторых физических свойств ландшафта, определяющих отражение на соответствующей длине волн. Увеличение числа спектральных каналов дистанционной съемки увеличивает разнообразие измеряемых свойств и расширяет возможности исследования и выделения пространственных структур ландшафта и его компонентов. Съемки, выполненные в разные годы и сезоны, позволяют исследовать динамику физических свойств ландшафта и увеличивают детальность воспроизведения пространственных структур.

Электромагнитные волны излучений разных объектов занимают определенные участки в спектре, например, ультрафиолетовая область спектра с длинами волн $< 0,4$ мкм, видимая – $0,4–0,8$ мкм, инфракрасная – $0,8–1000$ мкм (для съемки обычно используются значения до 14 мкм). В свою очередь эти области делятся на более узкие зоны, границы которых и названия уже не так однозначны /47/.

Видимая, ближняя и средняя ИК-области соответствуют отраженному (солнечному) излучению, дальняя – эмиссионному излучению (тепловому).

Изучение характеристик отражательной способности дает теоретическую основу для интерпретации объектов по набору их спектральных яркостей или их отношениями /47/. В этой области классическими являются исследования Е.Л. Кринова /50/, разработавшего спектрометрическую классификацию природных образований в видимой области спектра, которые затем были продолжены и в ИК-область. Все многообразие объектов в ландшафте он разделил на четыре класса – горные породы и почвы; растительный покров; водные поверхности; снежные поверхности и близкие к ним облака, каждый из которых отличается своеобразной кривой спектральной яркости /47/.

Так, основные **типы почв** достаточно контрастно отличаются по спектральной яркости /46/. В целом с увеличением длины волны спектральная яркость всех типов почв возрастает. Соотношение спектральной яркости типов почв отличается в разных частях спектра электромагнитного излучения (ЭМИ). Основные параметры, влияющие на спектральные характе-

ристики почв, это минеральный состав, размер частиц, содержание соединений железа, органических соединений (гумуса), характер поверхности почв, влажность. Так, в работе /51/ показаны спектральные отражательные способности сухих и влажных суглинков и песчаных почв в видимом, ближнем и среднем ИК-диапазонах. Важным параметром является размер частиц почвы, а именно соотношение песчаной и глинистой фракций. Почвы, характеризующиеся пористой и трещиноватой поверхностью, в значительно большей степени поглощают поток ЭМИ и, соответственно, отличаются меньшими отражательными параметрами, чем почвы с плотной поверхностью. Влажность – это важнейший параметр, резко меняющий характеристики почв (мокрые и влажные почвы всегда имеют более темные тона). Рекомендуется исследование почв дистанционными методами проводить ранней весной или поздней осенью, когда почвы имеют примерно одинаковую влажность. Также на характеристики почв очень сильно влияют агротехнические мероприятия по их обработке (пахота, боронование и др.).

Применение космических материалов в исследованиях почвенного покрова охватывает две основные группы задач: одна связана с почвенным картографированием, уточнением и составлением почвенных карт, изучением и картографированием структуры почвенного покрова, а другая – с изучением динамики свойств почв, гумусности, влажности и других, включая развитие неблагоприятных процессов, таких, как засоление, эрозия почв.

Типы почв по космическим снимкам могут дешифрироваться по прямым дешифровочным признакам на распаханых землях или полях со всходами зерновых и пропашных культур до 10–20 см и слабо покрытых растительностью (до 10–15%) территориях. Фототон изображения почв разного типа меняется от белого тона изображения солончаков и песков до почти черного тона изображения черноземов. Однако при этом на снимке находит отражение лишь верхний горизонт почвы. Кроме того, очень сильное влияние на изображение почв оказывает их состояние в момент съемки, особенно их влажность. Это осложняет определение по снимкам типов почв по прямым признакам даже в тех случаях, когда на снимках отображаются распаханые земли. Так, на снимках в зеленой зоне резче выражены контрасты минеральных почв, например дерново-подзолистых и болотно-подзолистых, а в ближней инфракрасной зоне заметно повышается плотность изображения торфяно-болотных и сильногумусированных черноземных почв.

Значительно чаще почвы дешифрируются через косвенные индикаторы – рельеф, растительность, отражающую структуру почвенного покрова и качество почв, их плодородие.

Существенно расширяются возможности дешифрирования почвенного покрова при использовании многозональной съемки. Известно, что на

многозональных снимках повышается дешифрируемость разных типов растительности, являющихся хорошими дешифровочными индикаторами почв, да и сами почвы не покрытых растительностью земель при использовании их спектральных образов распознаются лучше.

В 1970-х гг. появление спутниковых многозональных съемочных систем вызвало к жизни чрезвычайную активизацию исследований спектральной яркости почв и растительности в разных странах. В нашей стране и США сделаны попытки создать каталоги и атласы спектральных характеристик почв; такой каталог, в частности, был создан в Санкт-Петербургском университете. Обстоятельные исследования выполнены во Всесоюзном научно-исследовательском институте сельскохозяйственной метеорологии. В них проанализированы закономерности изменения спектральной отражательной способности почв различных географических зон, тщательно исследованы факторы, влияющие на спектральные отражательные свойства почв: поверхностная структура, степень обработки (получен вывод, что с увеличением размеров частиц почвы ее яркость падает, а спектральный состав не меняется и не зависит от степени обработки), влажность (увлажнение вызывает снижение спектральной яркости без изменения характера кривой), высота Солнца. Установлено, что характерные особенности отражательной способности сухих почв состоят в росте коэффициентов спектральной яркости с увеличением длины волны в диапазоне 0,4–2 мкм. Коэффициенты спектральной яркости зависят от влажности почвы и шероховатости поверхности (у гладкой поверхности они выше, чем у рыхлой), содержания органических веществ и окислов железа. Одним из главных факторов формирования поля яркости почвы является ее механический состав. Почвы, обладающие крупнодисперсной структурой, характеризуются пониженным уровнем спектральной яркости /45/.

Так, в работе /52/ рассматривается методика выбора оптимального для отражения почв варианта цветового синтеза на примере снимка Landsat-7 ETM+, и в качестве рекомендуемого и более информативного варианта для дешифрирования типов почв был выбран цветовой синтез: Red (зеленая, красная зона), Green (ближняя ИК-зона), Blue (средняя ИК-зона).

Растительность. Растительные сообщества являются главной частью биосферы. Они чутко реагируют на изменение состава горных пород и почв, изменение климата, антропогенное воздействие. Все это отражается на спектральных характеристиках растительности и поэтому широко используется при решении различных задач методами ДЗ.

Видовые отличия растительности в наибольшей степени проявляются при сопоставлении отражательных характеристик в видимом и ИК-диапазонах. Растительность, образующая внешний покров земной поверхности, в первую очередь отражается на космических снимках. Именно растительность является индикатором дешифрирования почвенного покрова, форм рельефа, подстилающих пород и отложений, грунтовых вод, засоле-

ния и т.д. На любых КС, даже самых мелкомасштабных, хорошо разделяются залесенные и безлесные территории.

При изучении и картографировании лесной растительности по снимкам решается несколько задач: определение породного состава лесов, таксационных характеристик насаждений, их современного состояния, степени антропогенной нарушенности, в частности вырубок и лесовозобновления на них, выявление заболеваний и повреждений древесной растительности, последствий лесных пожаров. Не все из них удается решать по космическим снимкам. Так, задачи лесной таксации и лесопатологических исследований под силу пока лишь аэро съемке в сочетании с наземными наблюдениями.

Поскольку на КС одновременно изображаются все компоненты природной среды и отражаются их взаимосвязи, они ценны для ландшафтоведения. Очень важно изучение по КС ландшафтов как индикаторов других черт и свойств природы. Особенно велика роль КС в изучении региональной ландшафтной структуры, ее современных естественных тенденций – развития, антропогенных преобразований и динамики.

Общий обзор возможного применения снимков разных типов во всем спектре областей географических исследований представлен в работе /45/. Здесь показано, какие типы снимков наиболее широко используются в тех или иных областях изучения природных и социально-экономических явлений, к каким материалам фонда снимков целесообразно обращаться при решении различных географических задач.

Воды. Отражающие, пропускающие и поглощающие характеристики вод определяются их мутностью, наличием взвеси и планктона, соленостью, температурой и др. Процессы поглощения и рассеяния определяются оптическими параметрами самой воды и находящимися в ней растворенными и взвешенными веществами органического и неорганического происхождения. Вода, растворы и частицы имеют собственные коэффициенты поглощения и рассеяния. Поглощение чистой водой минимально в голубой части спектра при длине волны 0,47 мкм и сильно возрастает с увеличением длины волны более 0,6 мкм /53/. Рассеяние, напротив, максимально в коротковолновой (голубой) части спектра и сильно уменьшается с увеличением длины волны. Наличие примесей и взвесей дает побочные оптические процессы, что меняет прозрачность и цвет воды. Примеси и взвеси делятся на три группы /54/:

- 1) желтое вещество (гели) – это растворенные в воде органические соединения, поглощающие ультрафиолетовую и голубую части спектра, в связи с чем вода приобретает желто-серый цвет;
- 2) взвешенное вещество (твердый сток) – это глинистые минералы, песок, скелеты планктона, «муть». Они обуславливают сильное рассеяние света в воде независимо от длины волны;
- 3) фитопланктон. Он имеет в составе хлорофилл, который поглощает голубую и красную части спектра, а отражает зеленую.

Взвешенное вещество неорганического происхождения – «муть» – максимально меняет цвет воды в диапазоне 0,6–0,7 мкм (желто-оранжево-красная часть спектра). В этом диапазоне исследуют твердый сток и выносы рек. Изучаются дельты, их структура, фронт, градиенты.

Получение количественной и качественной информации о примесях в воде и их концентрациях возможно по результатам мнгозонального сканирования.

В ИК-диапазоне поглощение потока ЭМИ в воде резко усиливается, а глубина проникновения уменьшается. Поэтому в ближнем ИК-диапазоне (0,7–0,8; 0,8–1,1 мкм) очень контрастно отличаются воды от четко очерченных участков суши. Эта закономерность широко используется в картографии, а также для определения наводнений и паводков, слежения за ними и оценки возможных последствий. В ближнем ИК-диапазоне сильно мутные воды дают отраженный инфракрасный сигнал с глубины 5 см. В диапазоне 8–14 мкм поведение воды аналогично поведению абсолютно черного тела – поглощает всю энергию и выделяет только то, что зависит от собственной температуры. Но в этом интервале отмечается минимум помех от рассеяния (атмосфера – вода). В этом диапазоне измеряется температура воды озер, рек, океанов. Современные измерительные приборы в ИК-диапазоне позволяют различать температурный контраст воды в 0,05° К и менее. В связи с этим отчетливо проявляются сбрасываемые в водоемы и реки нагретые теплые воды (промышленные, канализационные стоки и др.) /54/.

Синяя зона находит применение при картографировании береговых линий водоемов, дифференциации почв и растительности, выделении антропогенных объектов. Зеленая зона соответствует зеленому цвету здоровой растительности, но также используется для картографирования водоемов. Красная зона является одной из наиболее важных для выделения растительности. Ее можно использовать также для определения границ почв, геологических границ и антропогенных объектов.

Часть ближней ИК-области – 0,7–0,8 мкм – характеризует объем растительной биомассы и используется для оценки урожая зерновых сельскохозяйств, выделения границ почва/сельхозкультура или суша/вода. Другая часть области – 0,8–1,1 мкм – позволяет выполнять исследования растительного покрова при наличии тумана и дымки /41/.

Участок средней ИК-области со значениями длин волн в интервале 1,55–1,74 мкм восприимчив к количеству влаги в растениях, что важно при изучении засухи и при анализе жизнеспособности растений. Это одна из немногих зон, которую можно использовать для исследования характера облачности, снега и льда. Другая часть этой области со значениями 2,08–2,35 мкм применима для дифференциации типов геологических разломов, а также определения влагосодержания почв и растительности.

Область теплового ИК-излучения в интервале 3,55–3,93 мкм может быть использована для выделения участков снежного и ледового покрова, а также для обнаружения пожаров. Интервал 10,40–12,50 мкм используется для регистрации температурных различий объектов съемки, растительности, пораженной болезнями, местоположения термальных загрязнений, исследования влажности почв.

Наиболее часто используемый диапазон ЭМВ – видимый свет и прилегающее к нему коротковолновое ИК-излучение. В этом диапазоне отражаемая солнечная радиация несет в себе информацию, главным образом, о составе поверхности. Подобно тому, как человеческий глаз различает вещества по цвету, сенсор дистанционного зондирования фиксирует «цвет» в более широком понимании этого слова. В то время как человеческий глаз регистрирует лишь три участка (зоны) электромагнитного спектра, современные сенсоры способны различать десятки и сотни таких зон, что позволяет надежно выявлять объекты и явления по их заранее известным спектрограммам. Для многих практических задач такая детальность нужна не всегда. Если интересующие объекты известны заранее, можно выбрать небольшое число спектральных зон, в которых они будут наиболее заметны. Так, например, ближний ИК-диапазон очень эффективен в оценке состояния растительности, определении степени ее угнетения. Для большинства приложений достаточный объем информации дает многозональная съемка со спутников LANDSAT, TERRA, SPOT, Ресурс-0. Для успешного проведения съемки в этом диапазоне длин волн необходимы солнечный свет и ясная погода.

Обычно оптическая съемка ведется либо сразу во всем видимом диапазоне (панхроматическая), либо в нескольких более узких зонах спектра (многозональная). Тепловое ИК-излучение несет информацию в основном о температуре поверхности. Помимо прямого определения температурных режимов видимых объектов и явлений (как природных, так и искусственных), тепловые снимки позволяют косвенно выявлять то, что скрыто под землей – подземные реки, трубопроводы и т.п. Поскольку тепловое излучение создается самими объектами, для получения снимков не требуется солнечный свет. Такие снимки позволяют отслеживать динамику лесных пожаров, процессы подземной эрозии. Следует отметить, что получение космических тепловых снимков высокого пространственного разрешения технически затруднительно, поэтому сегодня доступны снимки с разрешением около 90 м. Много полезной информации дает также тепловая съемка с самолетов.

Сантиметровый диапазон радиоволн используется для радарной съемки. Важнейшее преимущество снимков этого класса – в их всепогодности. Поскольку радар регистрирует собственное, отраженное земной поверхностью, излучение, для его работы не требуется солнечный свет. Кроме того, радиоволны этого диапазона свободно проходят через сплошную облач-

ность и даже способны проникать на некоторую глубину в почву. Отражение сантиметровых радиоволн от поверхности определяется ее текстурой («шероховатостью») и наличием на ней всевозможных пленок. Так, например, радары способны фиксировать наличие нефтяной пленки толщиной 50 мкм и более на поверхности водоемов даже при значительном волнении. Еще одной особенностью радарной съемки является ее высокая чувствительность к влажности почвы, что важно и для сельскохозяйственных, и для экологических приложений. В принципе, радарная съемка с самолетов способна обнаруживать подземные объекты, например, трубопроводы и утечки из них.

Радиометрическое разрешение определяет диапазон различимых на снимке яркостей. Большинство сенсоров обладают радиометрическим разрешением 6 или 8 бит, что наиболее близко к мгновенному динамическому диапазону зрения человека. Но есть сенсоры и с более высоким радиометрическим разрешением (10 бит для AVHRR и 11 бит для QuickBird и IKONOS), позволяющим различать больше деталей на очень ярких или очень темных областях снимка. Это важно в случаях съемки объектов, находящихся в тени, а также когда на снимке одновременно находятся большие водные поверхности и суша. Кроме того, такие сенсоры, как AVHRR, имеют радиометрическую калибровку, что позволяет проводить точные количественные измерения.

Наконец, временное разрешение определяет, с какой периодичностью один и тот же сенсор может снимать некоторый участок земной поверхности. Этот параметр весьма важен для мониторинга чрезвычайных ситуаций и других быстро развивающихся явлений. Большинство спутников обеспечивают повторную съемку через несколько дней, некоторые – через несколько часов. В критических случаях для ежедневного наблюдения могут использоваться снимки с различных спутников, однако нужно иметь в виду, что заказ и доставка сами по себе могут потребовать немало времени. Одним из вариантов решения является приобретение приемной станции, позволяющей принимать данные непосредственно со спутника. Это удобное решение для ведения постоянного мониторинга используется некоторыми организациями на территории России, обладающими приемными станциями данных со спутников Ресурс-0. Для отслеживания изменений на какой-либо территории важна также возможность получения архивных (ретроспективных) снимков.

Из всего вышесказанного видно, что существует множество параметров, по которым может быть выбран наиболее подходящий для решения поставленной задачи сенсор. Все съемочные системы создаются для конкретных задач, и их параметры определяются этими задачами. Например, есть спутники метеорологические, для исследования океана, для высокодетальной съемки и т.д. Компании-поставщики данных выставляют на своих Web-сайтах примеры снимков, по которым можно оценить их при-

годность для решения поставленных задач. Прежде всего, это каталоги, позволяющие бесплатно получить информацию о наличии снимков определенного типа на данную территорию, оценить качество по данным в каталоге и уменьшенному просмотровому изображению (quicklook).

1.2.1. Характеристика основных систем получения космических снимков

Американские спутники Landsat и французский SPOT – два основных типа зарубежных систем, на долю которых приходится наибольшая часть цифровых изображений, получаемых дистанционным зондированием.

Американская система LANDSAT. Многозональные данные со спутника LANDSAT за 30 лет функционирования этой системы приобрели огромную известность. Несомненное преимущество снимков Тематического Картографа перед другими данными – сравнительно большое число спектральных диапазонов – 7 зон съемки, наличие теплового канала, цифровая форма данных, большие архивы. 15 апреля 1999 г. был запущен очередной спутник – LANDSAT 7, с аппаратурой ETM+ (сенсор Enhanced Thematic Mapper Plus с улучшенными характеристиками), который обеспечивает съемку с разрешением 15 м. Возможен также режим стереосъемки (HRMSI – High Resolution Multispectral Stereo Imager).

Французская съемочная система SPOT. В 2002 г. был запущен очередной спутник SPOT-5, на котором была добавлена аппаратура «VEGETATION» для выполнения съемок в 4-х спектральных зонах, увеличено число зон съемки у прибора HRV (новое название HRG) – добавлена ИК-зона со спектральным разрешением 1,58–1,75 мкм, увеличено пространственное разрешение. Кроме высокого геометрического разрешения этих цифровых съемок, есть возможность получения стереопар для анализа рельефа.

Индийская космическая программа IRS представлена сегодня двумя действующими спутниками – IRS-1C и IRS-1D (запущены в 1995 и 1997 гг.). Установленная на этих спутниках аппаратура обеспечивает съемку земной поверхности в панхроматическом режиме и одновременную многозональную съемку в трех зонах.

ASTER – один из приборов, установленных на борту спутника Terra. ASTER является экспериментальным научным прибором и позволяет проводить съемку земной поверхности в 14 спектральных диапазонах от видимого до дальнего ИК с пространственным разрешением от 15 до 90 м.

Радиолокационные съемки в настоящее время выполняют несколько спутниковых систем. ERS-1 и ERS-2 с радиолокационными системами SAR, обеспечивающими получение наибольшего числа радиолокационных данных. Съемка выполняется в трех областях спектра: L-зона – 23,5 см, С-зона – 5,8 см, Х-зона – 3,1 см. ERS-2 дополнительно выполняет съемку в

двух зонах видимой и ИК-областей спектра для обеспечения мониторинга земной поверхности.

Радиолокационные системы установлены также на спутниках: японском океанологическом Fuyo 1 (JERS-1), NASA Shuttle Columbia (SIR-A, SIR-B).

В 1995 г. был запущен канадский спутник RADARSAT-1, который с помощью радиолокатора бокового обзора SAR получает данные в С-зоне при горизонтальной поляризации излучения, в диапазоне углов падения от 10 до 59 градусов справа от линии траектории поверхности. RADARSAT-1 может выполнять съемку поверхности в одном из семи основных режимов. Так, при разных режимах съемки спутник позволяет снимать с пространственным разрешением 8–100 м, при охвате территории 50–500 км.

Радиолокационные системы получают данные, используемые для широкого круга задач. Среди них – наблюдения за состоянием ледового покрытия и растительности, оценка урожайности сельскохозяйственных угодий, степени разрушений в районах стихийных бедствий, геологоразведка, лесное хозяйство, исследования береговой зоны и океанов, мониторинг разливов нефтепродуктов, мониторинг районов наводнений /47/.

Российские системы дистанционного зондирования Земли. Из отечественных данных сегодня наибольший интерес представляют цифровые изображения, полученные многозональными сканирующими системами МСУ-Э (высокого разрешения 45×34 м) и МСУ-СК (среднего разрешения 140–550 м), установленными на спутнике Ресурс-О. Эти данные цифровые и доступны в оперативном режиме, принимаются в различных регионах России с использованием приемных станций фирмы СКАН-Экс и хранятся в архивах.

Фотографические изображения со спутника КОМЕТА. На нем устанавливаются фотографические камеры КВР-1000 (разрешение 2 м и ТК-350 (разрешение 10 м). Последняя камера позволяет получать стереоснимки. Поиск и заказ данных можно осуществить в межотраслевой ассоциации «Совинформспутник» или же в Дата+.

Также популярны данные со спутников Ресурс-Ф. Спутники этой серии оснащаются фотографическими камерами КФА-1000, КФА-3000, МК-4, КАТЭ-200. Данные с перечисленных сенсоров требуют перевода в цифровую форму путем сканирования. Съемка с Ресурса-Ф проводилась, в основном, до 1994 г. Отдельные территории России были сняты в ноябре – декабре 1997 и 1999 гг.

Что касается стоимости ДДЗ, то тут существует множество вариантов. На цену влияют: выбор спутника, дата съемки (т.е. будут данные взяты из архива или съемку нужно заказывать), режим работы сенсора (количество спектральных зон, стереорежим), уровень обработки снимков, объем заказа. В общем, можно сказать, что цена снимков варьирует от нуля до десятков долларов за квадратный километр.

Организация мониторинга и интерпретация ДДЗ предполагает создание БД аэрокосмических наблюдений и результатов их обработки, позволяющей хранить данные за различные промежутки времени, проводить анализ временных и пространственных изменений исследуемых экосистем.

Интерпретация данных для целей выше перечисленных задач предполагает реализацию целого ряда специальных методов обработки аэрокосмической информации, таких, например, как:

- географическая привязка и геометрическая коррекция аэрокосмических изображений;
- устранение влияния шумов, коррекция яркостей и эквализация аэрокосмических данных;
- формирование из отдельных кадров-фрагментов единого изображения и выделение фрагментов;
- атмосферная коррекция аэрокосмических данных во всех спектральных каналах измерительных приборов;
- восстановление комплекса характеристик подстилающей поверхности, необходимых для решения задач экологического картографирования.

Системы автоматизированной обработки ДДЗ состоят из тех же основных подсистем, что и географические информационные системы – ввод, хранение, обработка и представление результатов. Это способствовало их программно-технологической интеграции с ГИС, в силу чего для работы с аэрокосмической информацией в качестве программного обеспечения (ПО) используют современные программные растровые и интегрированные ГИС-пакеты. Разные типы ГИС-пакетов представляют пользователям различные возможности по обработке снимков, обеспечиваемые заложенными в них программными средствами анализа и интерфейса. Как правило, эти средства включают некоторый обязательный стандартный набор, по большей части интерактивных процедур предварительной коррекции, трансформирования и классификации снимков с визуальным контролем их выполнения на экране монитора в комплексе с другими ГИС-технологиями. Все расширения и модификации этого набора предназначены для решения задач различных уровней сложности при всестороннем использовании ДДЗ. К ГИС-пакетам со стандартными возможностями относят Idrisi, MultySpec, среди полнофункциональных ГИС-пакетов выделяются ERDAS IMAGINE, TNTmips, ER Mapper, ILWIS, GRASS /47/. Существуют более специализированные пакеты, такие, как: Softplotter от Vision Int – только фотометрия; MapIX от Delta Data Systems – в основном работа с данными спутника NOAA; EASI / PACE от PCI, завоевавшую известность благодаря активности в создании ПО для обработки радарных снимков; существует российское фотограмметрическое ПО Photomod ЗАО «Ракурс», позволяющее не только получать прецизионные фотограмметрические данные, но и проводить визуальное дешифрирование изображений (вектор поверх растра) на экране ПК в стереорежиме.

Для обработки ДДЗ в настоящее время самой популярной является программная система ERDAS Imagine. Базовые комплекты ERDAS Imagine обеспечивают широкую функциональность. Сюда входят прежде всего средства геометрической коррекции и географической привязки снимков, средства тематического дешифрирования и пространственного анализа, инструменты подготовки бумажных карт. Многочисленные дополнительные модули позволяют эффективно решать более специализированные задачи. Среди таких модулей можно отметить Virtual GIS, OrthoBASE, Stereo Analyst, Subpixel Classifier, Radar Mapping Suit.

Virtual GIS (Виртуальная ГИС) – это мощный инструмент трехмерной визуализации географических данных. Он позволяет с максимальной реалистичностью визуализировать данные географических карт и аэрокосмических снимков, а также дополнять их ситуационной графикой. Наряду с графикой на виртуальной сцене могут присутствовать и трехмерные модели объектов любой сложности. Высокая графическая производительность позволяет не только обозревать местность с различных ракурсов, но и выполнять виртуальные пролеты и проезды по ней с записью видеороликов. Также имеются функции моделирования водных объектов, которые позволяют интерактивно моделировать наводнения, прорывы дамб с отображением зон и объемов затопления, выдачей численных характеристик ситуаций. Важной характеристикой Virtual GIS, отличающей ее от таких популярных массовых пакетов трехмерной визуализации, как 3D Studio и подобных, является ее «географичность». То есть используются реальные цифровые карты и ДДЗ, все данные имеют географическую привязку, все запросы выполняются в истинных географических координатах, работа Virtual GIS автоматически синхронизируется с отображением ситуации на традиционной двухмерной карте, при визуализации можно учитывать положение солнца на заданный день и час, а также метеорологические условия.

Всякое трехмерное моделирование основывается на качественных ЦМР. Кроме того, ЦМР позволяют существенно повысить точность многих операций обработки ДДЗ (геометрическая коррекция, коррекция освещенности и др.), и они просто необходимы для получения корректных численных величин в случае анализа местности с выраженным рельефом. ЦМР могут быть получены в результате оцифровки топографических карт и обработки ДДЗ. Для всех этих вариантов в ERDAS Imagine имеются соответствующие фотограмметрические инструменты. Извлечение ЦМР из стереопар осуществляется модулем OrthoMAX Surface. Создание цифровых ортофотопланов по данным блочной аэросъемки выполняется модулем OrthoBASE. Дешифрирование стереопар в стереорежиме выполняется в модуле StereoAnalyst.

Для экологических работ используются тематические карты. ERDAS Imagine содержит средства для построения таких карт по ДДЗ – инстру-

менты тематического дешифрирования изображений (классификации). Возможности тематической классификации важны также для анализа чрезвычайных ситуаций, когда требуется быстрая численная оценка масштаба бедствия и величины ущерба. В составе ERDAS Imagine имеются и средства для простейшей автономной классификации, и продвинутое инструментальное классификации по эталонам и создания таких эталонов, а также модуль Expert Classifier (классификация по методам экспертных систем). Большой интерес для экологии представляет модуль Subpixel Classifier (разделение смешанных пикселей). Он позволяет не просто отнести участки земли к тому или иному классу (лес, обнаженная почва, водные поверхности, урбанизированные территории и т.д.), но и определить процентное содержание каждого класса на участках их смешения.

Современные системы съемки поверхности земли достигли такого уровня, что человек не способен оперативно обрабатывать получаемый материал без привлечения компьютерных вычислительных мощностей.

В основе количественного дешифрирования лежат следующие положения /55/:

1. Каждый дешифрируемый объект характеризуется спектральной отражательной способностью, которая выступает как основной признак дешифрирования. Выделяют четыре основные группы объектов, которые имеют принципиально различные кривые спектральной яркости: горные породы и почвы, растительность, вода, облака и снег. В пределах каждой группы спектральная кривая варьирует в зависимости от состояния объекта. Например, спектральная яркость растительности, сохраняя особые характерные черты, варьирует в зависимости от: видовых особенностей листьев (пигментация, клеточная структура), содержания влаги в листе, структуры растительного покрова. Таким образом, вид (форма) спектральной кривой элемента изображения позволяет интерпретировать его содержание.

2. Классификацию изображения можно проводить по исходным спектральным яркостям и различным относительным показателям (NDVI, EVI, и др.).

3. Обычно спектральные каналы изображения сильно связаны друг с другом, что не способствует разделительности классов. В этом случае используют методы снижения размерности, основанные на преобразовании яркостей в линейную комбинацию исходных спектральных зон. Наиболее широкую известность получил метод анализа главных компонент. Все полученные компоненты изображения по характеру варьирования яркостей не зависят друг от друга и могут быть связаны с определенным природным фактором, определяющим изображение (влажность, биомассу и др.). Значения компонент так же используются для классификации.

4. На основе меры сходства-различия все элементы изображения разделяются на классы. Каждый класс ассоциируется с определенным гео-

графическим объектом. Существует множество алгоритмов классификаций, различающихся по способу вычисления меры сходства-различия между элементами изображения и правилу их разбивки на классы.

5. Наиболее распространены две группы методов: неконтролируемая классификация (Unsupervised Classification) и классификация с обучением (Supervised Classification).

Имеются объективные причины, сдерживающие развитие методов дистанционного зондирования:

1. Спектральные характеристики одних и тех же объектов непостоянны в пределах больших географических территорий. Это, во-первых, не позволяет создать единый банк спектральных признаков дешифрируемых объектов для их использования на любой территории, и, во-вторых, приходится разбивать большую область на подобласти и в каждой из них, на основе локальных наземных данных создавать обучающие выборки.

2. Практически каждый элемент изображения (пиксел) отражает участок поверхности более чем одного типа. Регистрируемая спектральная характеристика складывается в мгновенном поле зрения датчика из характеристик разных типов поверхностей. Существуют методы, позволяющие разложить «смешанный» элемент на отдельные компоненты.

3. В машинных методах дешифрирования изображения недостаточно используются пространственные характеристики (т.е. форма, текстура, ориентация и др.), тогда как опытный оператор-дешифровщик, вероятно, полагается на такую информацию в большей степени, чем на спектральные признаки /56/. Исследования последнего времени в первую очередь направлены на решение этой проблемы.

При выполнении оценок антропогенных воздействий на окружающую природную среду необходимо иметь фоновые показатели о динамике природно-территориальных комплексов (ПТК), в том числе и в естественном состоянии, т.е. осуществлять проведение ИЭИ и в последующем мониторинг месторождений. ИЭИ служат основой для разработки экологической документации: программ экологического мониторинга (ПЭМ), проектов ОВОС, ООС и «Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы (ВОЗ)».

Наиболее широко используемыми в настоящее время для классификации земельного покрова и оценки его состояния по обширным территориям являются данные многозональных сканирующих систем, которые можно использовать в сочетании с материалами аэрофотосъемки.

Особенно большое значение использование материалов ДЗ имеет для труднодоступных территорий, проведение детальных наземных обследований которых невозможно по природно-климатическим, экономическим, экологическим и другим причинам /57/. Для картографирования экологических ситуаций таких слабо изученных труднодоступных районов могут привлекаться снимки на территории-аналоги, которые позволяют выявить

подобные для данного района объекты и явления, трудно определяемые другими методами /58/.

ДДЗ, используемые при тематическом дешифрировании, должны быть плановыми, с возможной для данного масштаба разрешающей способностью, достаточно контрастными и выровненными по фототону. Обычно применяются масштабы изображений ландшафтов, которые передают оптимальную дробность деталей их структуры и вместе с тем обеспечивают их большую обзорность, что немаловажно для слежения за изменчивостью дешифровочных признаков исследуемых объектов /59–62/.

Есть еще одно важное для картографирования достоинство КС – это их объективная и естественная оптическая генерализация ландшафта в целом в его современном состоянии, со всеми последствиями антропогенного воздействия /24, 28, 63/.

Так, в наших работах данные спутников Landsat-7 и ASTER с пространственным разрешением 15–30 м используются для оценки состояния территорий. Для ключевых участков спутниковая информация обычно дополняется результатами аэросъемки, обеспечивающей более высокое пространственное разрешение, и дает возможность принимать во внимание текстурные и геометрические особенности изображений. Методология соответствующих исследований изложена в работах /64, 65/ и включает три этапа: **подготовительный** этап сбора и систематизации материалов космической съемки; проведение **полевых** обследований состояния растительности и почв на выбранных тестовых участках территории; **камеральный** этап построения тематических карт. Подготовительный этап позволяет на основе имеющихся материалов ДЗ, картографических, статистических и других данных сформулировать требования к выбору тестовых участков наземных обследований. Этап полевых измерений способствует идентификации состояния различных систем. Этап построения тематических карт завершает использование полученных материалов на основе их обработки в рамках технологий ГИС.

В связи с растущей технической оснащенностью экспедиций и постоянным совершенствованием методов аналитической и полевой работы соотношение продолжительностей этих трех этапов последнее время изменяется в сторону увеличения времени, отводимого на предполевого и камеральный. В среднем их соотношение можно определить как 2:1:3.

Целью **подготовительного этапа** является всестороннее изучение природных характеристик и антропогенной нагрузки исследуемой территории. Так, первостепенной задачей перед полевыми наблюдениями является составление предварительной актуализированной ландшафтной карты с информацией о рельефе, растительности, почвах и инфраструктуре месторождений. В первую очередь производится сбор и анализ литературных и картографических материалов на исследуемую территорию, таких, как:

1. литература (опубликованная и фондовая);
2. нормы и стандарты;
3. топографические карты;
4. геологическая карта четвертичных отложений масштаба 1 : 500 000;
5. инфраструктура и обустройство исследуемых территорий;
6. ДДЗ с различными пространственными разрешениями;
7. почвенные карты (на территорию Томской области масштаба 1 : 1 000 000);
8. карты лесных насаждений (материалы лесоустройства масштаба 1 : 50 000).

На первом этапе построения предварительной ландшафтной карты выделяются геосистемы высокого иерархического уровня – типы местности.

Ландшафтный метод индикации и дешифрирования растительного покрова по материалам космических данных определяет особенности классификационного структурирования и ранжирования растительности. На снимках находит отражение эколого-топологическая приспособленность или приуроченность растительных группировок, сообществ, сочетаний к природным факторам и особенностям окружающей среды /24, 25, 27, 35, 66–68/. Анализ эколого-топологической приуроченности растительных сообществ, который возможен при ландшафтно-индикационном методе дешифрирования КС, раскрывает обширные возможности для объективного выделения и установления структуры развития растительности и оценки ее состояния /30, 69, 70/.

Для этого средствами ГИС создается многопараметрическая синтезированная карта /71/, которая включает в себя собранные векторные картографические материалы, перечисленные ранее, и ДДЗ. Для составления многопараметрической карты используется легенда, с помощью которой содержание карты отражается цветом и штриховкой. При совмещении штриховок и цвета выявляются экологически разнообразные участки. Такая визуализация многопараметрической карты позволяет увидеть пространственную структуру территории /71/. Однако здесь возникают некоторые трудности из-за несогласованности самих картографических материалов (разный масштаб, время создания и публикации карт). Так, опыт использования бумажных карт лесных насаждений (масштаб 1 : 50 000) на Томскую область (лесотаксация 1993 г.) показал, что эти карты не согласуются с достаточной точностью с топографическими картами масштаба 1 : 50 000.

Так, в качестве базовых более содержательных слоев информации для выделения типов местности использовались: слои топографической основы (рельеф, гидрография), карта углов наклона рельефа (построенная по ЦМР), геологическая карта четвертичных отложений и космические снимки высокого разрешения Landsat-7, ASTER. На основе геологической карты четвертичных отложений выделяются границы типов местности, кото-

рые уточняются на основе наложения КС и ЦМР. Полигоны, имеющие схожие абсолютные высоты и углы наклона рельефа, а также схожие оттенки растительности (на снимках) идентифицируются в определенный тип местности (например, междуречные равнины, выровненные участки надпойменных террас и т.п.).

Следующим этапом является дешифрирование растительности (на уровне урочищ), грунтов, объектов и процессов антропогенной нагрузки по КС в сочетании с материалами аэрофотосъемки и с учетом уже геоморфологических уровней. Прямые и косвенные дешифровочные признаки объектов и процессов, являющихся загрязнителями и нарушителями природной среды, описаны в методических разработках Госцентра «Природа» и других организаций /72–74/.

Применение дистанционных методов, в частности космических снимков и в сочетании с аэрофотосъемкой (АФС), позволяет более эффективно решать задачи комплексной оценки природных процессов, определяющих структуру и динамику лесного покрова, акцентировать внимание на основных причинах его преобразования на территориях любого размера. Так, в работе /75/ рассматриваются методические основы применения КС в сочетании с АФС в решении проблем регионального мониторинга лесного покрова Западной Сибири. На основе установленных взаимосвязей между изображениями, рельефом и растительностью разработаны методы дистанционной индикации структуры лесорастительных условий и типов леса, таксационной оценки возрастных состояний лесных сукцессий, позволившие выявить закономерности размещения лесов в зависимости от геолого-геоморфологического строения равнинной территории. Использование КС значительно расширило арсенал применения дешифровочных признаков, как косвенных, так и прямых, комплексное применение которых повышает надежность идентификации объектов.

При построении ландшафтной карты исследуемых территорий используются как неконтролируемая классификация (Unsupervised Classification), так и классификация с обучением (Supervised Classification). Неконтролируемая (автономная) классификация делит все элементы изображения по заданному количеству классов на основе расстояния между ними в спектральном пространстве и определенному заранее порогу. Количество классов обычно определяют по числу пиков на гистограмме яркостей. Достоинством этого метода является его простота и скорость вычисления. К недостаткам следует отнести его нечувствительность к объектам, мало отличным по спектральной яркости. Обычно этот метод используется для дешифрирования контрастных объектов (сельскохозяйственные угодья, леса, городские земли и т.д.) и мониторинга за объектами.

Классификация с обучением требует указания эталонов дешифрируемых объектов. Используется для дешифрирования близких по отражательной способности объектов. Качество такой классификации часто достигает

80–90%, но для того, чтобы задать эталоны дешифрируемых объектов, необходимы знания о территории.

Вид классификации выбирается в зависимости от обследованности территории. Так, на подготовительном этапе чаще используется неконтролируемая классификация для определения количества классов, но с использованием территорий-индикаторов (эталонов), данных АФС и анализа материалов лесоустройства может использоваться классификация с обучением на этом этапе.

Так, на предварительном этапе ДДЗ позволяют предварительно ознакомиться с исследуемой территорией, оптимально построить сеть маршрутов аэровизуальных наблюдений и выбрать ключевые участки полевых работ, исходя из их репрезентативности для данной территории и из ожидаемой достоверности камерального дешифрирования. В процессе полевых работ уточняются дешифровочные признаки, проверяются и дополняются результаты дешифрирования, исправляются ошибки.

Полевой период подразумевает проведение аэровизуальных и наземных комплексных исследований по заранее намеченным маршрутам и детальным исследованиям на ключевых участках. В процессе полевых исследований с помощью GPS-приемника фиксируются координаты пунктов отбора проб, проведения измерений, места ландшафтных и геоботанических описаний, маршруты наблюдений, места обнаруженных загрязнений, уточняется положение объектов техногенной нагрузки. Полученные координаты используются при составлении карты фактического материала ИЭИ.

Основные вопросы, решаемые при полевых исследованиях /58/:

- проверка и исправление границ и содержания контуров, выделенных при предварительном камеральном дешифрировании;
- уточнение дешифровочных признаков природных процессов и явлений, а также антропогенных объектов, оказывающих непосредственное влияние на экологическое состояние природной среды;
- сбор недостающих сведений об экологической обстановке района исследования.

В ходе полевого периода устанавливается связь между сочетанием морфометрических величин в точке и характеристиками природных компонентов на местности, после чего данные с точек комплексного описания экстраполируются на всю территорию картографирования. К настоящему времени данное направление интенсивно развивается. Полный обзор работ данного направления можно найти в работах /76–79/.

Только комплексное использование дистанционных и полевых данных позволяет достаточно полно характеризовать современный растительный и лесной покров, создать необходимый фонд данных для последующего картографирования растительного покрова на основе космической информации.

В процессе **камеральной обработки** полевых наблюдений исправляются предварительные карты на основе полученных геоботанических, почвенных, геоморфологических описаний.

Создается ГИС-проект исследуемой территории с базой геоданных по природным средам: вода, почвы, растительность, воздух.

ГИС-проект содержит покрытия, которые характеризуют как территорию месторождения в целом, так и детальные участки с различными природными условиями и техногенной нагрузкой. Слои информации (покрытия) создаются на основе тематической обработки ДДЗ, данных полевых работ с привязкой точек наблюдений с помощью GPS-приемника, что значительно повысило оперативность подготовки карт фактического материала, а на последующих этапах обеспечило вынесение на карты и обработку результатов лабораторных анализов. Покрытия, где есть точки наблюдений системы экологического мониторинга, связаны с фотоизображениями этих точек и таблицами результатов наблюдений и опробования.

По результатам наземного обследования, ДДЗ создаются различные тематические карты (карта техногенной нагрузки и фактического материала, ландшафтно-экологическая карта и др.) /80/.

С целью формирования единой информационной среды Исполнителя и Заказчика для принятия оперативных управленческих решений осуществляется передача полученных данных Заказчику как на бумажном носителе, так и в виде ГИС-проектов. Подготовленные ГИС-проекты содержат слои объектов обустройства месторождения, коридоров коммуникаций, природоохраненных территорий, разгруженной топографической основы, точек отбора проб по различным природным средам с результатами наблюдений (результаты химического и биологического анализа, гидрологические измерения и др.), фотографический материал, данные КС и АФС. Проекты в установленном порядке передаются Заказчику и устанавливаются в отделах охраны окружающей среды нефтегазодобывающих управлений, что дает возможность использовать полученные результаты для разработки мероприятий по рациональному природопользованию.

1.3. Материалы и методы проведения инженерно-экологических изысканий

1.3.1. Зонирование территории по степени антропогенной нагрузки. Размещение ключевых участков полевых исследований

Комплексное исследование территории месторождений выполняется в натуральных условиях методом ключевых участков. Под ключевым участком понимается типичная выборочная площадь, обследуемая в более крупном масштабе, чем весь район исследования, что позволяет глубже изучить

особенности состояния природной среды территории /81–83/. Результаты обследования ключевых участков экстраполируются на всю территорию месторождения.

Размеры, количество ключевых участков, их предназначение определяются множеством факторов, прежде всего предполагаемыми формами и объемами техногенных воздействий – с одной стороны, и разнообразием структуры ландшафтов ранга урочищ – с другой стороны.

По нашему мнению, необходимо закладывать ключевые участки трех типов:

1. Фоновые участки, которые расположены на территории, практически не затронутые техногенной нагрузкой, но при этом обладающие высокой степенью разнообразия ландшафтных систем.

2. Ключевые участки с различной степенью техногенной нагрузки:

- средняя степень – участки, расположенные вдоль коридоров инженерных сетей, кустовых оснований. Участки, на которых непосредственно размещены указанные объекты, подверглись сильному антропогенному воздействию (вырубка леса, отсыпка площадок, строительство кустовых оснований, бурение скважин, накопление буровых отходов, разработка котлованов и выемка грунта и т.д.), в то время как примыкающие к ним земли не испытывают сколько-нибудь заметного воздействия.
- максимальная степень – участки со значительной трансформацией ландшафтных систем. Как правило, здесь вырублены лесные насаждения, нарушен почвенный покров, отсыпаны и спланированы площадки под технологические объекты промышленной зоны и опорной базы, ведется интенсивное строительство ряда объектов, построены и функционируют вахтовый поселок, а также дизельная электростанция.

На ключевых участках второго типа планируется выполнение многолетних экологических наблюдений – работы по экологическому мониторингу.

3. Ключевые участки, территория которых является предметом хозяйственного пользования другого назначения:

- ценные охотничьи угодья;
- места проживания и хозяйственного промысла местного населения (малых народов Севера);
- промышленные запасы лекарственного и пищевого сырья дикоросов.

Суммарная площадь ключевых участков должна составлять 5–10% от площади лицензионного участка, что достаточно для репрезентативного представления всей генеральной совокупности элементов ландшафта территории /81, 82/.

В каждом ключевом участке проводятся рекогносцировочное ландшафтное, геоботаническое и почвенное обследования. В наиболее харак-

терных для ключевого участка типах растительных сообществ необходимо выполнить геоботанические описания, почвенные разрезы и/или прикопки, выявить места обитания редких и хозяйственно ценных видов растений, провести отбор проб почв каждого из встречающихся типов из разных почвенных горизонтов.

На техногенно измененных участках также выполняются геоботанические описания и отбираются пробы поверхностных грунтов.

Местоположение точек отбора проб поверхностных вод и донных отложений выбирается с учетом размещения существующих и проектируемых объектов обустройства месторождения и сети поверхностных водотоков.

В водотоках и водоемах проводится гидрологические, гидрохимические и гидробиологические обследования, отбираются пробы воды, донных отложений, фитопланктон, зоопланктон и зообентос.

Точки отбора проб воздуха размещаются с учетом расчетной санитарно-защитной зоны от действующих организованных источников выбросов загрязняющих веществ. Обследование фонового состояния приземного слоя атмосферы осуществляется с помощью экспресс-анализаторов. Выполняется радиационное обследование территории.

1.3.2. Методики исследований

1.3.2.1. Геоморфологические обследования ключевых участков

Во время полевого обследования проводят следующие виды работ:

- аэровизуальные наблюдения;
- рекогносцировочные наземные маршруты;
- ландшафтные, геоботанические, зоологические, почвенные исследования на ключевых участках, отбор проб;
- гидрологические, гидрохимические, гидробиологические исследования на ключевых участках, отбор проб, проведение экспресс-анализов качества поверхностных вод.

Аэровизуальные наблюдения проводятся с борта самолета или вертолета с высоты полета 300–600 м. При этом преследуется цель общего знакомства с территорией предстоящих полевых работ, фотографирования различных ландшафтных структур (типов местности, урочищ).

Рекогносцировочные наземные маршруты проводятся с использованием средств наземного транспорта, а также включают пешие маршруты (вне пределов ключевых участков).

При наземных маршрутах выполняется серия однотипных точечных описаний, включая информацию о мезо- и микроформах рельефа, о характере поверхностных отложений, почвах (почвенное описание профиля), фитоценозах (геоботаническое описание), зооценозах, о проявлениях природных процессов и явлений.

При точечных комплексных описаниях особое внимание уделяется характеристике форм и интенсивности антропогенных воздействий.

Сеть точечных описаний целесообразно рассредоточить равномерно по площади ключевого участка, что повышает экстраполяционные возможности собранного материала.

В ходе проведения наземных пеших маршрутов и аэровизуального осмотра ключевых участков исполнители рекогносцировки должны осуществить следующие операции:

- выбрать объект, к которому может быть приурочен пункт наблюдения, ориентируясь по карте и нанося на нее точку наблюдения, в полевой книжке указать ее координаты;
- провести необходимые морфологические, морфогеографические, морфодинамические исследования, измерения (глазомерная съемка) и фиксирование результатов в полевую книжку, фотографирование обследуемых объектов;
- нанести на карту границы выявленных ландшафтов ранга урочищ;
- уточнить дешифровочные признаки картографирования границ урочищ;
- провести рекогносцировочное обследование и глазомерную съемку поперечного и продольного профилей долин рек;
- провести обследование территорий, прилегающих к водным объектам.

Записи полевого дневника точечных описаний обязательно включают дату, номер и координаты точки наблюдения, наименование основного объекта наблюдения, номер фотографии /84/.

1.3.2.2. Отбор и анализ проб атмосферного воздуха

Отбор и анализ проб атмосферного воздуха осуществляется согласно нормативным документам, допущенным к применению Министерством природных ресурсов РФ /85–89/. Для определения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе используется инструментальный метод, основанный на применении переносных газоанализаторов.

1.3.2.3. Гидрометрические исследования

При выполнении полевых обследований на ключевых участках месторождения проводят обследования поверхностных водных объектов (водотоки, водоемы, болота), гидрометрические измерения и гидрологические обследования русла, поймы и долин рек. При обследовании русла водотоков выполняются следующие виды работ /90/:

- измерение ширины реки;

- промер глубин;
- измерение скорости течения воды.

Расстояние между промерными точками по поперечным профилям через русло назначаются в зависимости от ширины реки /90/. Отсчет глубин проводится с точностью 2–3 см, а отсчеты ширины – с точностью 0,1 м.

По данным промерных работ по створу строят профиль водного сечения водотока и подсчитывают основные характеристики водного сечения - площадь, ширина русла реки, средняя и наибольшая глубина, смоченный периметр, гидравлический радиус – и определяют расходы воды объемным методом /91/.

В процессе обследования болотных массивов проводят /90/:

- осмотр и описание местности, среди которой находится болото;
- определение типа болота: верховое, низинное, переходное;
- обследование и описание внутриводоточной гидрографической сети.

1.3.2.4. Отбор проб воды

Гидрохимические исследования на территории месторождений проводят в составе инженерно-экологических изысканий с целью определения фоновых значений ингредиентов поверхностных водных объектов месторождений, для дальнейшей разработки программ экологического мониторинга, проектов водоохранных зон и других работ.

Пункты отбора проб из поверхностных водотоков выбираются на основании предварительного изучения картографических материалов и дешифрирования спутниковых снимков и АФС и должны быть расположены таким образом, чтобы охватывать все основные поверхностные водотоки, на площади водосбора которых размещены или планируются к размещению объекты промысла.

Отбор проб воды из поверхностных водотоков и водоемов выполняется в соответствии с установленными государственными стандартами, нормативно-методическими документами, регламентирующими порядок проведения ИЭИ: СП 11-102-97 /8/, ГОСТ 17.1.5.04-81 /92/, ГОСТ 17.1.5.05-85 /93/, ГОСТ Р 51592-2000 /94/.

В отобранных пробах поверхностной воды в соответствии с ГОСТ 17.1.3.07-82 /95/ проводятся следующие измерения:

- на месте отбора проб выполняются визуальные наблюдения, измеряется температура, цветность, прозрачность, запах при 20°C, удельная электропроводность, содержание растворенного кислорода, водородный показатель;
- в лаборатории определяются взвешенные вещества, жесткость общая, гидрокарбонат-ион, хлориды, ионы сульфатов, ионы кальция, ионы магния, ионы нитратов, ионы нитритов, ионы аммония, бромиды, фториды, железо общее, фосфаты, марганец, натрий + калий,

кремний, сухой остаток, прокаленный остаток, перманганатная окисляемость, химическое потребление кислорода, биохимическое потребление кислорода (БПК), нефтепродукты, анионные поверхностно-активные вещества, сумма летучих фенолов, минерализация, мутность, щелочность; металлы и тяжелые металлы: серебро, алюминий, мышьяк, бор, барий, бериллий, кальций, кадмий, кобальт, хром, медь, железо, калий, литий, магний, марганец, молибден, натрий, никель, фосфор общий, свинец, сурьма, селен, кремний, олово, стронций, титан, ванадий, цинк.

Из перечисленных показателей для выполнения проектов водоохраных зон, в соответствии с /96/, необходимыми являются цветность, запах при 20°C, водородный показатель, жесткость общая, гидрокарбонат-ион, хлориды, ионы сульфатов, ионы кальция, ионы магния, ионы нитратов, ионы нитритов, фосфаты, перманганатная окисляемость, нефтепродукты.

Пробы воды на химический анализ отбирают точечные, на стрелке водотока. Глубина отбора пробы определяется глубиной водотока в месте измерения. При глубине водотока до 5 м пробы отбирают на 0,2–0,3 м от поверхности воды. При глубине водотока от 5 до 10 м пробу отбирают объединенную, из двух горизонтов – у поверхности (0,2–0,3 м от поверхности воды) и в 0,5 м от дна.

Перед отбором проб емкости для хранения проб неоднократно ополаскивают отбираемой водой. После наполнения емкости, перед упаковкой верхний слой воды сливают, чтобы под пробкой был небольшой слой воздуха.

Пробы, отбираемые для определения нефтепродуктов и фосфатов, заливают в стеклянные бутылки. Сразу после отбора пробы на емкость с отобранной пробой прикрепляют этикетку, заполняют паспорт отбора пробы.

В стационарных условиях после отбора проб поверхностных вод проводят консервацию, обеспечивающую сохранность проб для проведения гидрохимических анализов в лабораторных условиях.

1.3.2.5. Отбор проб гидробионтов

Сбор гидробиологического материала осуществляют в одни и те же фенологические сроки, что необходимо для проведения многолетних сравнительных характеристик биотопов в створе русел рек. Отбор проб гидробионтов (зоопланктон, зообентос и фитопланктон) проводят согласно стандартным гидробиологическим методикам, отобранные пробы помещают в стеклянный пузырек объемом 0,1 л, фиксируют раствором формалина, затем пробы зообентоса этикетуют и упаковывают для перевозки /97, 98/.

Пункты отбора проб гидробионтов совпадают с пунктами отбора проб воды на химический анализ. При отборе проб воды на зоо- и фитопланктон проводят измерение температуры воды у поверхности водотока. Прозрач-

ность определяют в полевых условиях при помощи белого диска Секки, опущенного на глубину на размеченном шнуре.

Подготовленные пробы гидробионтов доставляют на анализ в специализированную лабораторию.

1.3.2.6 Отбор проб донных отложений

Пробы донных отложений отбирают с помощью дночерпателя /99/ системы Петерсена в центральных частях русел водотоков и водоемов, в тех же точках, где отбирали пробы поверхностных вод и гидробионтов. При подъеме дночерпателя с образцом донных отложений из дночерпателя сливают воду, а образец помещают в полиэтиленовый пакет, этикетировывают, предварительно подсушивают и доставляют в лабораторию.

1.3.2.7. Ландшафтное обследование ключевых участков

Выбор ключевых участков проводят с целью охвата всего разнообразия ландшафтов на уровне типов местности и урочищ, что позволяет достаточно достоверно экстраполировать материалы исследований на всю территорию месторождения.

В построении ландшафтно-экологической карты территории месторождений используются следующие фондовые материалы:

- данные лесной таксации территориальных органов Федерального агентства лесного хозяйства при Министерстве природных ресурсов РФ;
- инженерно-строительные изыскания к проектам обустройства месторождения;
- топографические и тематические (почв, геологическая, геоморфологическая) карты масштабов 1 : 1 000 000, 1 : 200 000, 1 : 50 000;
- космические снимки Landsat 7, разрешение 30 м.

Полевые работы на каждом ключевом участке должны включать рекогносцировочные пешие маршруты с точечными комплексными описаниями ландшафтов и вертолетные маршруты с фотоснимками и визуальным описанием элементов ландшафта. Проводятся описания экосистем, включающие информацию о мезо- и микрорельефе, почвах, растительном покрове, степени антропогенного влияния на ландшафтные системы (совместно с геоботаническим и почвенным описаниями). По возможности, выполняются фотоснимки типичных ландшафтных единиц и особенностей рельефа.

В типовое описание ландшафта включается информация о современных природных процессах, их интенсивности, о взаимном влиянии смежных ландшафтов, о выраженности границ урочищ, месте урочищ в структуре типа местности. В целях комплексной характеристики различных типов ландшафта пункты описаний природных экосистем целесообразно

приурочить к месту закладки опорных почвенных разрезов и геоботанических описаний.

Расположение пунктов описаний природных ландшафтов указывается на карте техногенной нагрузки и ландшафтно-экологической карте (рис. 1.2, 1.5–1.7, см. цв. вкладку).

1.3.2.8. Геоботаническое описание ключевых участков

Исследования строения растительных сообществ состоят из трех этапов: выделения структурных частей, их изучения и описания /100/. Во время проведения маршрутных исследований дается характеристика фитоценозам основных или часто встречаемых типов растительных сообществ. На карту наносят номера всех точечных описаний выделенных фитоценологических единиц, а в полевой дневник заносят номер и название описания. Фитоценозы называют в соответствии с доминантной классификацией /101/. Картографические работы проводят в масштабе 1 : 100 000 и 1 : 50 000.

Под геоботаническим описанием понимают характеристику, составляемую исследователем в полевых условиях, того или иного конкретного растительного сообщества. Конкретные фитоценозы нередко занимают крупные площади, поэтому геоботанические описания проводят на пробных площадках размерами: для травяных сообществ – 25 м²; для кустарниковых – 100–200 м²; для лесных – 1250 м². При описании пробной площадки учитывают как признаки самого фитоценоза, так и основные физико-географические условия обитания, в которых сформирован данный фитоценоз. Ярусы, подъярусы, пологи в растительном сообществе выделяют глазомерно. Флористический состав при составлении геоботанических описаний выявляют при тщательном осмотре пробной площадки и составляют список зафиксированных на ней видов, при этом неизвестные виды гербаризируют и далее определяют в камеральных условиях. Обилие видов оценивают в процентном соотношении к общему проективному покрытию растений. Проективное покрытие древесных пород оценивают по 10-балльной шкале и выражают в долях от единицы: 0,6; 0,5 и т.д.

Определение видов растений в поле проводили с помощью региональных определителей высших и низших растений /102, 103/.

1.3.2.9. Почвенное обследование ключевых участков

Почвенное обследование территории проводят путем закладки опорных почвенных разрезов (прикопок, полуям) по ранее намеченным маршрутам (предполевая подготовка) в пределах ключевых участков.

Морфологическое описание почвенных разрезов и отбор образцов проводится согласно общесоюзной инструкции и методическим рекомен-

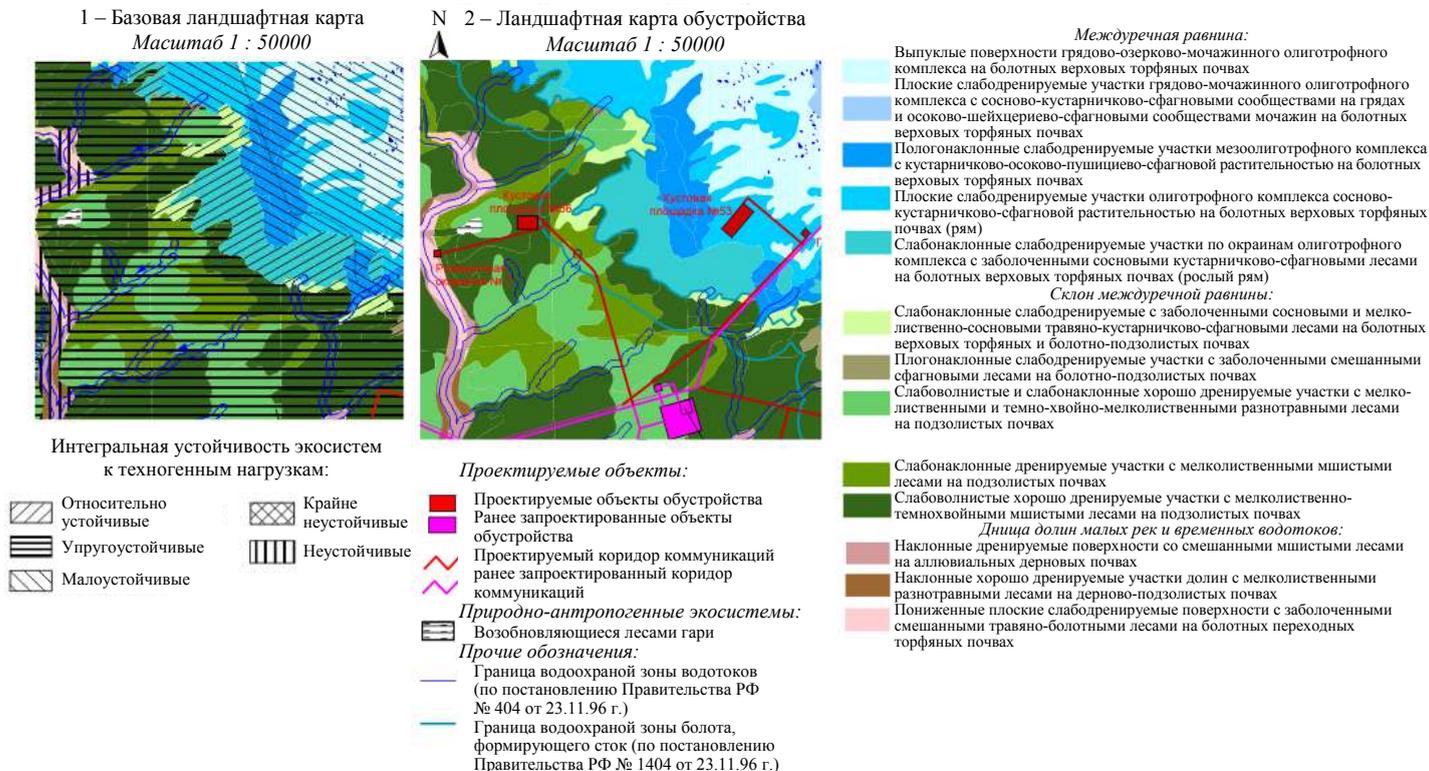
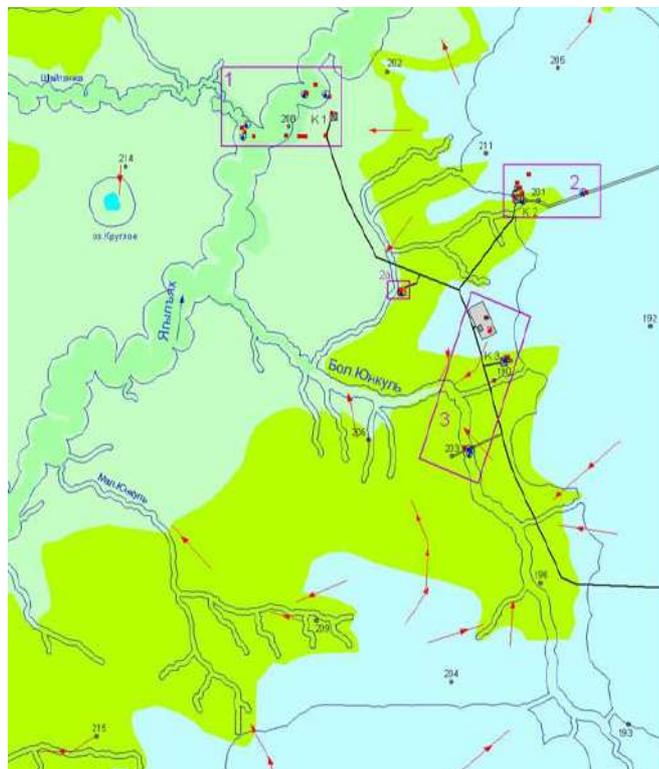


Рис. 1.2. Фрагменты ландшафтной карты территории нефтяного месторождения:

1 – базовая ландшафтно-экологическая карта; 2 – ландшафтная карта территории с объектами обустройства.



Условные обозначения:

Существующие объекты:

- Кустовая площадка и ее номер
- ⊙ Разведочная скважина и ее номер
- Факельное хозяйство
- Резервуар вертикальной стальной (PBC)
- Вертолетная площадка
- Временный вахтовый поселок
- Площадка дожимной насосной станции (ДНС)
- Гидронамывной карьер

Прочие обозначения:

- Коридор коммуникаций
- Нефтепровод от разведочных скважин
- Граница лицензионного участка
- Водоохранная зона водотоков, озер, болот, формирующих поверхностный сток
- Направление геохимических миграций загрязняющих веществ на основе поверхностного стока
- Озера

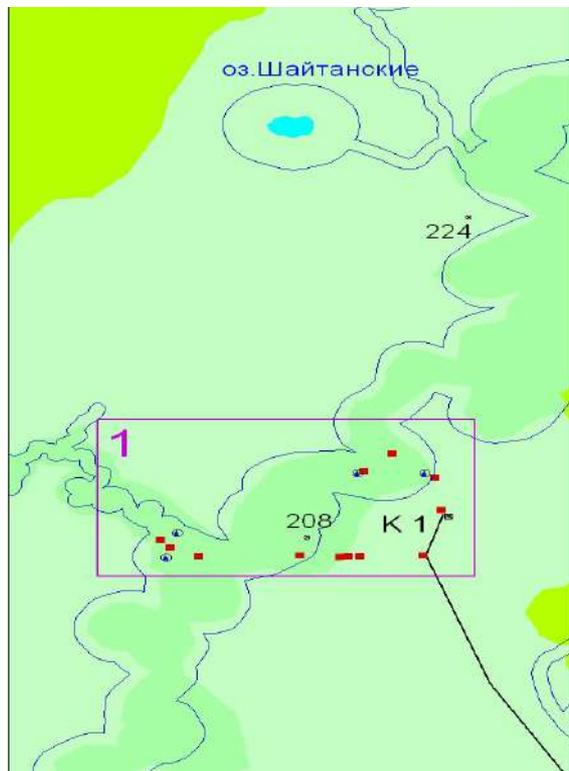
Фактический материал полевых инженерно-экологических изысканий (август 2000 г.):

- ⊙ Пункты гидрологических, гидрохимических и гидробиологических наблюдений
- Ландшафтные, геоботанические и фаунистические описания, опорные почвенные разрезы (прикопки, полуямы), места отбора образцов почв (грунтов)
- Граница ключевого участка и его номер

Морфологические единицы природно-территориальных комплексов

- Пойма р. Яглыях
- Первая надпойменная терраса р. Яглыях
- Склон междуречной равнины
- Междуречная равнина

Рис. 1.5. Комплексное исследование состояния природной среды территории месторождения по методу ключевых участков



Условные обозначения:

Существующие объекты:

- Кустовая площадка и ее номер
- Разведочная скважина и ее номер
- Гидронамивной карьер

Прочие обозначения:

- Коридор коммуникаций
- Нефтепровод от разведочных скважин
- Граница лицензионного участка
- Водоохранная зона водотоков, озер, болот, формирующих поверхностный сток
- Направление геохимических миграций загрязняющих веществ на основе поверхностного стока
- Озера

Фактический материал полевых инженерно-экологических изысканий (август 2000 г.):

- Пункты гидрологических, гидрохимических и гидробиологических наблюдений
- Ландшафтные, геоботанические и фаунистические описания, опорные почвенные разрезы, места отбора образцов почв

Граница ключевого участка и его номер

Рис. 1.6. Пример размещения ключевого участка № 1 в зоне средней и слабой техногенной нагрузки на территорию

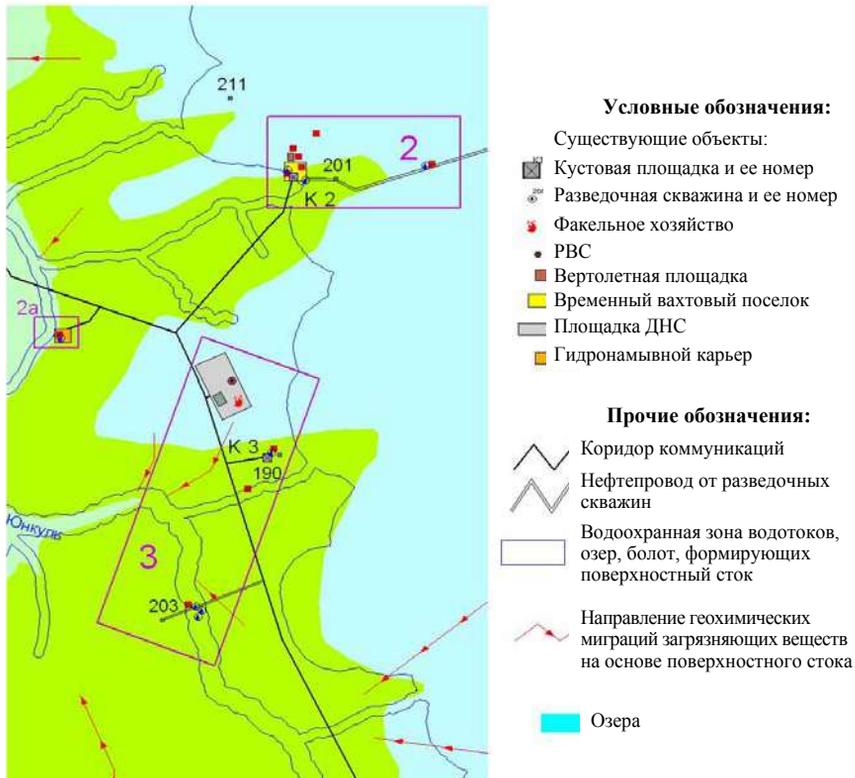


Рис. 1.7. Пример размещения ключевого участка № 2 в зоне с максимальной степенью техногенной нагрузки

дациям /6, 104–106/, государственным стандартам /107, 108/, а также по классификации почв /109, 110/.

Участки загрязненных и/или деградированных земель обследуются согласно методическим рекомендациям и государственным стандартам /111–117/.

Места закладки почвенных разрезов выбирают таким образом, чтобы охватить по возможности все типы почв в различных типах ландшафта, выявить деградированные, а также фоновые участки почвенного покрова.

Основное внимание при закладке почвенных разрезов уделяется типу растительного сообщества и мезорельефу поверхности. Такое размещение пунктов опробования позволяет дать характеристику всем основным структурам почвенного покрова ключевого участка.

Привязка на местности точечных пунктов наблюдений, опорных разрезов, пунктов отбора проб почв и грунтов осуществляется с помощью GPS-приемника, а также с помощью ориентиров на местности. Отбор проб, их этикетирование и транспортировку проводят согласно государственным стандартам /107, 108, 118, 119/, с учетом рекомендаций /120, 121/.

Расположение пунктов отбора проб указывается в таблице полевого журнала и отмечается на карте-схеме.

1.3.2.10. Радиационное обследование ключевых участков

Руководствуясь нормами радиационной безопасности /122/ и основными правилами обеспечения радиационной безопасности /123/, радиационно-экологические исследования месторождения нефти и газа проводят в соответствии с методикой дозиметрического контроля /124/, руководством по обеспечению радиационной безопасности при проведении работ по добыче, подготовке и транспортировке нефти и газа /125/ и сводом правил по проведению инженерно-экологических изысканий для строительства /6/.

Исследования включают:

- идентификацию и рекогносцировку объекта;
- определение местоположения контрольных участков;
- назначение контрольных пунктов для измерения мощности эквивалентной дозы (МЭД) внешнего гамма-излучения;
- измерение МЭД в контрольных пунктах;
- отбор почвенных проб для гамма-спектрометрического анализа;
- обработку результатов дозиметрического контроля;
- оформление результатов исследований.

Обоснование выбора местоположения пунктов для радиационных исследований проводится после предварительного изучения картографических материалов, геологических особенностей месторождения и ландшафтных характеристик.

Для более полного изучения радиационной обстановки на территории месторождения отбираются пробы разных типов почв для проведения гамма-спектрометрического анализа на содержание естественных и искусственных радионуклидов /116/. Пробы этикетировываются и доставляются в лабораторию радиационного контроля.

Для исследования проб почв на содержание природных и искусственных радионуклидов используется спектрометрический комплекс «Прогресс-2000» № 9606-Б-Ф.

Результаты МЭД-Di внешнего гамма-излучения и местоположение контрольных участков приводят в таблицах отчета ИЭИ.

1.3.3. Камеральные исследования

1.3.3.1. Геоморфология

В камеральных условиях изучаются имеющиеся картографические материалы района исследований: топографические и тематические карты (геоморфологическая, инженерно-геологическая) масштабов 1 : 200 000, 1 : 100 000, 1 : 50 000; отчетные материалы геологической съемки масштаба 1 : 200 000. Анализируются собранные геоморфологические материалы в увязке с данными полевого обследования ключевых участков. Подготавливается слой геоморфологической информации (отображающий основные формы рельефа, которые позволяет выделить отчетный масштаб карт) к ландшафтной карте обследованных территорий (масштаб 1 : 50 000).

1.3.3.2. Гидрология

Камеральную обработку гидрометрических измерений и гидрологических обследований в исследуемых створах рек проводят для составления гидрометрических характеристик русла и определения расходов воды водотоков.

При обследовании рек, когда наблюдается стоячая вода без течения, расходы воды измеряются объемным методом.

Измеренные характеристики по створам обследованных рек из полевых журналов переносятся в таблицы отчета ИЭИ.

1.3.3.3. Гидробионты

Камеральная обработка отобранного материала проводится в специализированной лаборатории гидробиологии в соответствии с общепринятыми методиками /98/ с использованием определителей /126–128 и др./.

Зоопланктон. Обработка проб зоопланктона включает определение видового состава, численности и биомассы каждого вида. В систематиче-

ском отношении в зоопланктоне чаще всего рассматриваются представители трех групп организмов. Это виды коловраток – класс Rotatoria (тип Nemathelminthes), виды рачков из подотряда Ветвистоусые рачки (Cladocera) отряда Листоногие (Phyllopora) подкласса Жаброногие (Branchiopoda) класса Ракообразных (Crustacea) типа Членистоногие (тип Arthropoda) и виды рачков из отряда Веслоногие раки (Copepoda) подкласса Максиллоподы (Maxillopora) класса Ракообразных типа Членистоногие.

Обработку проб в лаборатории проводят счетным методом, принятым в гидробиологии, в камере Богорова под бинокулярной стереоскопической лупой МБС-1 /129/. При определениях особей до вида используют бинокулярный биологический микроскоп. Определение видов организмов проводят по следующим пособиям: виды коловраток по определителю /130/; ветвистоусых рачков – по определителям /126, 131/; веслоногих рачков – по определителю /127/.

Данные по численности и биомассе планктона представлены как количество особей организмов (экз./м³) или их вес в единице объема (мг/м³) /129/. В работе проводится расчет численности (N, экз./м³) и биомассы (B, мг/м³) особей отдельных видов в пробе. Данные по индивидуальному весу особей видов частично берутся из литературы /132/, а частично определяются весовым способом самостоятельно.

Индекс сапробности рассчитывается по общепринятой в гидробиологии формуле по Пантле и Букк /133/. Согласно ГОСТ 17.1.3.07-82 по величинам индекса сапробности природные воды по качеству подразделяют на 6 классов и по степени загрязненности – на 6 ступеней. Индикаторный вес видов зоопланктона для расчета индекса сапробности принимается согласно списку индикаторных видов, приводимых в работе /134/.

При камеральной обработке полученных материалов одной из характеристик структуры сообщества может служить степень разнообразия его элементов. Для оценки видового разнообразия данного зоопланктонного сообщества используется индекс Шеннона /135/, широко используемый в гидробиологических исследованиях, величина которого зависит от числа видов, встречающихся в данном сообществе, и распределения численности по отдельным видам /135, 136/.

Зообентос. В пробах зообентоса определяется численность и биомасса основных экологических групп. По полученным результатам рассчитывают индексы и показатели, характеризующие состояние анализируемых сообществ, и по ним оценивают качество воды как среды обитания. По опыту томских гидробиологов (лаборатория гидробиологии и рыбоводства НИИ биологии и биофизики при ТГУ) /137/, для оценки состояния зообентоса определяют:

- численность и биомассу животных (в пересчете на 1 м³);
- число видов;
- олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея;

- индекс сапробности по методу Пантле-Букка в модификации Сладечека /134/;
- индекс видового разнообразия (по информационной формуле Шеннона) /135/;
- показатели видового и группового разнообразия донных животных.

Градации индексов сапробности соответствуют определенным классам качества воды (табл. 1.2).

Фитопланктон. Пробы фитопланктона (отобранные при полевых ИЭИ) концентрируют на воронке Сорокина на фильтре Нуклеопор с диаметром отверстий 1–2 мкм до объема 300 мл, затем пробы просматривают в камере Нажотта при увеличении в 800 раз под микроскопом МБИ-3 в тройном повторе. Количественные показатели высчитываются по средней из тройного повтора.

Последующий анализ проб фитопланктона проводят на видовом уровне. Полученные данные используют для характеристики качества водоемов и водотоков на момент отбора проб воды.

1.3.3.4. Ландшафты

По результатам полевых исследований территории месторождений и обработки материалов подготовительного этапа работ создается ландшафтно-экологическая карта территории месторождения.

Ландшафтно-экологическая карта, как правило, масштаба 1 : 50 000 содержит следующую информацию: основные характеристики геоморфологического строения территории, расчлененность рельефа, степень дренирования

Т а б л и ц а 1.2

Соответствие индексов сапробности и классов качества воды

Класс качества по /97/	Значения индекса сапробности по /127/	Качество воды	
I	менее 1,0	Ультраолигосапробная	Очень чистая
II	1,0–1,50	Олигосапробная	Чистая
III	1,51–2,50	Бета-мезосапробная	Умеренно загрязненная
IV	2,51–3,50	Альфа-мезосапробная	Сильно загрязненная
V	3,51–4,50	Полисапробная	Грязная
VI	более 4,50	Полисапробная	Очень грязная

территории, пространственная локализация ландшафтных систем различного ранга и ландшафтно-образующих элементов (почвы, растительность и др.), сведения о зонах ограниченного природопользования и территориях природоохранного назначения, сведения об интегральной устойчивости экосистем к планируемым техногенным нагрузкам. Границы типов урочищ совпадают с почвенными, геоморфологическими, геоботаническими границами.

Основой для построения ландшафтно-экологической карты служат топографическая карта масштаба 1 : 50 000, карта-схема лесных насаждений территории месторождения масштаба 1 : 50 000 (лесхоз, лесничество), почвенная карта области масштаба 1 : 1 000 000 и карта четвертичных отложений области масштаба 1 : 500 000.

Построение ландшафтно-экологической карты проводится в формате ArcView GIS по следующей схеме:

- оцифровка топографической карты;
- выделение и объединение однотипных лесных выделов в урочища;
- классификация ландшафтов (типов местности, типов урочищ);
- нанесение слоя информации о проектируемой техногенной нагрузке;
- нанесение слоя информации о границах водоохраных зон поверхностных водотоков, согласно постановлению о водоохраных зонах /13/;
- нанесение на карту слоя информации об интегральной устойчивости экосистем к техногенной нагрузке;
- компоновка карты и корректировка легенды.

При определении устойчивости экосистем применяется метод аналитической экспертной оценки в баллах /138, 139/.

Устойчивость экосистем рассматривается нами в двух аспектах:

- стабильность или пластичная устойчивость, определяемая внутренними естественными способностями экосистем к самовосстановлению;
- восстановимость или упругая устойчивость, отражающая свойства экосистем сохранять свою структуру и функции под воздействием антропогенных факторов.

Экосистемам в пределах выделенных природно-территориальных комплексов присваивается оценочный балл устойчивости. Экосистемам с минимальной устойчивостью присвоен минимальный балл, с максимальной устойчивостью – максимальный балл.

Стабильность экосистем оценивается по шестибальной шкале, усиленной десятичными долями в соответствии с местоположением экосистем в пределах ПТК.

Оценка восстановимости экосистем к планируемым техногенным нагрузкам проводится в трех аспектах:

- механическое воздействие;
- геохимическое загрязнение;
- атмосферное загрязнение.

Механическое воздействие – наиболее распространенный вид воздействия в районах планируемого освоения месторождения. Механическое воздействие оценивается по трехбалльной шкале (табл. 1.3). При механическом нарушении экосистем трансформации подвергаются не только почвы и растительность, но и животный мир территории. Последствия механической трансформации экосистем сводятся к следующему:

- изменение рельефа;
- нарушение почвенно-растительного слоя (уплотнение и/или удаление);
- изменение генезиса почв (разрушение и смешение почвенных горизонтов, их погребение), создание техногенных грунтов при отсыпке дорог, технологических площадок и др.;
- изменение и/или полное уничтожение растительного покрова;
- изменение режима увлажнения (нарушение поверхностного и подземного стока), влажности почвогрунтов при подтоплении или осушении отдельных участков.

Восстановимость экосистем к механическим нагрузкам зависит от способности экосистем под влиянием механических факторов воздействия сохранять свои основные экологические характеристики.

Устойчивость экосистем к геохимическим нагрузкам и их восстановимость – это способность экосистем под влиянием химических агентов сохранять уровень и направленность биогеохимических циклов. Химические агенты в рассматриваемых условиях делятся на две группы: нефтепродукты и высокоминерализованные промышленные воды.

Т а б л и ц а 1.3

Устойчивость экосистем /139/

Балл ценности экосистем	Функции экосистем оценочного балла
1	Крайне неустойчивые гидрогенные экосистемы рек, проток и озер с водорегулирующей функцией
2	Неустойчивые долинные экосистемы с водоохранной функцией
3	Малоустойчивые болотные гидроморфные экосистемы с водо-запасующей и водорегулирующей функциями
4	Относительно устойчивые полугидроморфные экосистемы заболоченных лесов в сочетании с лесными экосистемами «минеральных островов» с ландшафтно-стабилизирующей, древесно-ресурсной функциями
5	Упругоустойчивые экосистемы лесов дренируемых участков склона междуречной равнины

Последствия геохимических нагрузок на экосистемы проявляются в следующем:

- изменение состава или полное уничтожение растительности в очаге загрязнения;
- битуминизация, оглеение, засоление почв;
- локальное загрязнение поверхностных, подпочвенных и грунтовых вод, изменение и ухудшение их качества;
- гибель почвенных беспозвоночных животных, мелких млекопитающих животных в очаге загрязнения;
- деградация рыбных ресурсов, сообществ гидробионтов.

Степень геохимической устойчивости определена следующими факторами:

- интенсивностью выноса веществ (продуктов техногенеза) за пределы данной экосистемы, рассеяния их с поверхностным и подземным стоками;
- скоростью химических превращений органических и минеральных веществ в почвах, атмосфере;
- характером химических и связанных с ними фазовых превращений веществ в зависимости от типа геохимических барьеров.

Восстановимость экосистем от последствий геохимических нагрузок (геохимическая устойчивость) оценена по четырехбалльной шкале (табл. 1.3).

Атмосферные загрязнители оказывают воздействие в первую очередь на жизнедеятельность растений. По возрастанию устойчивости древесных и кустарниковых пород к атмосферным загрязнителям можно составить следующий ряд /140/:

1. Сосна обыкновенная.
2. Береза бородавчатая, пихта сибирская, кедр, ель сибирская.
3. Осина, береза пушистая, лиственница.
4. Рябина.
5. Шиповник.

Типы леса, в зависимости от состава лесообразующих пород и напочвенного покрова, также образуют ряд устойчивости к атмосферному загрязнению (по четырехбалльной шкале):

- 1 балл – *малоустойчивые* – сосняки мохово-кустарничковые;
- 2 балла – *среднеустойчивые* – кедрово-еловые зеленомошные и долгомошно-сфагновые леса, сосняки сфагновые;
- 3 балла – *относительно устойчивые* – березово-осиновые леса;
- 4 балла – *устойчивые* – в пределах месторождений не встречаются.

Болотные сообщества более устойчивы к загрязнению атмосферного воздуха, чем лесные экосистемы. Воздействие идет в основном через усиление кислотности торфяного субстрата и уменьшение продуктивности биологической массы.

Определение интегральной устойчивости экосистем на теоретическом и научно-методическом уровне не решено однозначно. Интегральная устойчивость характеризует дифференцированную в пространстве и времени способность экосистем сохранять свою структуру и функции при однотипных антропогенных воздействиях, а также степень пригодности экосистем для размещения технологических сооружений. Центральным элементом при оценке интегральной устойчивости экосистем является степень устойчивости выполняемых ими функций. В табл. 1.3 представлена шкала баллов устойчивости с учетом групповых особенностей экосистем одного из месторождений.

1.3.3.5. Растительность

Камеральная обработка гербарных и полевых геоботанических описаний выполняется квалифицированными специалистами ботаниками. Описание видов и определение растений осуществляется с помощью региональных определителей высших и низших растений /102, 103, 141–143/ и региональных «Флор...» /144/.

В работе используется доминантная классификация растительных сообществ, согласно которой названы фитоценозы /101, 145, 146/. Все геоботанические описания растительных сообществ сводятся в табл. 1.4.

Т а б л и ц а 1.4

Форма заполнения таблицы «Сводная таблица типовых геоботанических описаний растительности месторождения»

Наименование показателей	Экспликация угодий			
	Леса	Пойменные сообщества	Луга	Растительность деградированных земель
Полевой номер описания				
Формула леса				
Формула леса, второй ярус				
Сомкнутость крон, %				
Высота древостоя, м				
Диаметр стволов, средний, максимальный				

1.3.3.6. Почвы, грунты и донные отложения

Уточнение классификационной принадлежности почв в камеральных условиях проводится согласно «Классификации и диагностике почв СССР» /109/ и «Классификации и диагностике почв Западной Сибири» /48/.

Предварительная подготовка почвенных образцов и донных отложений к химическим анализам проводится согласно руководствам по химическому анализу почв и грунтов /120/. Почвенные образцы и пробы донных грунтов высушивают при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния, растирают в фарфоровой ступке (раздавливанием) и просеивают через сито с отверстиями диаметром 1 мм.

Подготовку образцов, отобранных из торфяных и оторфованных горизонтов почв, проводят согласно /147/. Образцы высушивают при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния, измельчают на мясорубке, просеивают через сито с отверстиями диаметром 2 мм. На последнем этапе пробы тщательно перемешивают.

1.3.3.7. Радиационные исследования

Перечень контролируемых показателей при проведении радиационно-экологических исследований определен нормативными документами и учитывает все подлежащие контролю источники излучения /122/.

Основным контролируемым показателем при радиационном исследовании территорий и участков местности служит характеристика естественного уровня внешнего гамма-излучения, который определяют путем измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (МЭД-Д) в 1 мкЗв/ч.

Для характеристики полного дозиметрического эффекта от всех источников гамма-излучения определяют суммарную МЭД-Д.

Суммарную D_j измеряют, размещая датчик дозиметра в контрольном пункте. Число наблюдений должно составлять 7–10. Значение D_j находят как среднее арифметическое полученного ряда наблюдений /124/. Мощность эквивалентной дозы на контрольном участке (D) определяют как среднее арифметическое значение по контрольным пунктам.

После обработки результатов значение уровня МЭД на контрольных участках сопоставляют с соответствующими значениями гамма-фона для открытых территорий России (от 0,10 до 0,20 мкЗв/ч) и дают заключение о радиационной обстановке на исследованной территории.

Проводят расчет эффективной годовой дозы (ЭГД) как сумму эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения, полученную за календарный год. При одновременном воздействии на человека источников внешнего и внутреннего облучения, в производственных условиях, годовая эффективная доза не должна превышать 5 мЗв в год (любые профессии и производства) /60, 61/.

И техногенные, и естественные радионуклиды находятся в возбужденном состоянии, и при переходе в состояние с меньшей энергией возникает гамма- или бета-излучение, в зависимости от схемы распада нуклида. Регистрируя это излучение пропорциональным детектором («Прогресс») определяют энергию фотопика, по значению которой также идентифицируют соответствующий ей нуклидный состав /63, 125/.

1.3.4. Лабораторные исследования

1.3.4.1. Методы анализа воды

Физико-химический анализ проб воды выполняется в соответствии с требованиями СП 11-102-97 /8/, ГОСТ 17.1.4.01-80 /148/.

Для определения компонентов в водах используются различные аналитические методы: титриметрические, хроматографические, атомноэмиссионной спектрометрии, фотоколориметрические, электрохимические – потенциометрия, полярография.

Такие показатели, как цветность, прозрачность, запах, температура, растворенный кислород, удельная электропроводность, рН, БПК определяют на месте отбора проб.

В лабораторных условиях определяют содержание органических веществ, тяжелых металлов, анионов и катионов.

Выполняют анализы на современных аналитических приборах, внесенных в государственный реестр разрешенного оборудования.

1.3.4.2. Анализ образцов почв и донных отложений

Химический, физико-химический и физический анализ почв, грунтов и донных отложений проводят в химико-аналитической лаборатории с учетом рекомендаций по ряду показателей (табл. 1.5) /8, 115, 120/.

Все перечисленные компоненты являются обязательными для определения фонового состояния качества почв территории месторождений.

Донные отложения – основной накопитель загрязняющих веществ поверхностных водных объектов. Специфика загрязнений отрасли нефтедобычи – накопление в донных отложениях тяжелых компонентов углеводородов нефти и тяжелых металлов. Поэтому именно тяжелые металлы и нефтяные углеводороды количественно определяют в донных отложениях, отобранных из водных объектов. Донные отложения отбирают согласно ГОСТу 17.1.5.01-80 /99/.

Кроме тяжелых металлов и нефтепродуктов в донных отложениях определяют другие важные показатели: гигроскопическую влажность, зольность/потерю при прокаливании, рН водной вытяжки, электропроводность, подвижные соединения железа, обменный марганец.

Таблица 1.5

Перечень методик количественного анализа проб почвы
и донных отложений

№ пп	Определяемые показатели, единица измерения	Метод анализа	Нормативный документ на методику выполнения измерений
1	2	3	4
1	Органическое вещество (гумус), %	Фотометрия по методу Тюрина в модификации ЦИНАО*	ГОСТ 26213-91 /149/
2	Зольность торфов/потери при прокаливании, %	Гравиметрия	ГОСТ 27784-88 /147/
3	рН водной вытяжки, ед. рН	Потенциометрия	ГОСТ 26423-85 /150/
4	Сульфат-ион в водной вытяжке, мг/кг	Ионная хроматография	ПНД Ф 16.1.8.-98 /151/
5	Хлорид-ион в водной вытяжке, мг/кг	Ионная хроматография	ПНД Ф 16.1.8.-98 /151/
6	Сумма обменных оснований, ммоль/100 г почвы	По методу Каппена	ГОСТ 27821-88 /152/
7	Степень насыщенности основаниями, %	Расчетный метод	По Аринушкиной /120/
8	Обменный аммоний (по азоту), млн ⁻¹	Фотометрия по методу ЦИНАО	ГОСТ 26489-85 /153/
9	Подвижные соединения фосфора, мг/кг	Фотометрия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО	ГОСТ 26207-91 /154/
10	Нитраты (по азоту), млн ⁻¹	Фотометрия по методу ЦИНАО	ГОСТ 26488-85 /155/
11	Гигроскопическая влажность, %	Гравиметрия	Свидетельство УНИИМ № 241.103/02 /156/
12	Нефтепродукты, г/кг	ИК-фотометрия	РД 52.18.575-96 /116/
13	Электропроводность, мкСм/см	Кондуктометрия	ГОСТ 26423-85 /150/
14	Тяжелые металлы: кислоторастворимые формы кадмия, свинца, цинка, меди, мг/кг	Атомноэмиссионный метод с атомизацией в индуктивно связанной аргонной плазме	ПНД Ф 16.1:2:3:3.11-98 /157/

1	2	3	4
15	Подвижные соединения железа, г/кг	Фотометрия	ГОСТ 27395-87 /158/
16	Обменный марганец, млн ⁻¹	Фотометрия	ГОСТ 26486-85 /159/
17	Обменный кальций, моль/100 г почвы	Фотометрия	ГОСТ 26487-85 /160/
18	Обменный магний, моль/100 г почвы	Фотометрия	ГОСТ 26487-85 /160/
19	pH солевой вытяжки, ед. pH	Фотометрия по методу ЦИНАО	ГОСТ 26483-85 /161/
20	Гидролитическая кислотность, моль/100 г почвы	По методу Каппена в модификации ЦИНАО	ГОСТ 26212-91 /162/

* ЦИНАО – центральный научно-исследовательский институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства.

1.4. Использование результатов инженерно-экологических изысканий для целей экологического сопровождения предприятий нефтегазового комплекса

На основе проведенных инженерно-экологических изысканий разрабатываются следующие документы экологического направления:

- проект «Оценка воздействия на окружающую среду»;
- проект «Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы»;
- программа экологического мониторинга.

ОВОС проектируемых объектов является одним из основных элементов экологического сопровождения хозяйственной деятельности. Необходимость ОВОС регламентируется требованиями действующего законодательства Российской Федерации и международного права (Конституция Российской Федерации от 12 декабря 1993 г. /163/, федеральный закон «Об охране окружающей среды» в редакции 2002 г., от 10.01.2002 г., № 7-ФЗ, ст. 35 /7/; федеральный закон «Об экологической экспертизе» от 23.11.1995 г., № 174-ФЗ, ст. 14 /164/, Директива Совета Европейского экономического сообщества (ЕЭС) по оценке воздействия некоторых государственных и частных проектов на окружающую среду /165/, Конвенция об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте /166/), а

также основными документами Минприроды РФ и Госстроя РФ /5, 6, 8, 167, 168/.

Современные требования к разработке материалов ОВОС предусматривают использование в основе проекта данные ИЭИ, камеральной и лабораторной обработки наземного обследования территории существующей и проектируемой техногенной нагрузки на природную среду, применение ландшафтно-экологических подходов в проектировании, материалов общественного мнения о намечаемой деятельности /8, 167, 168/. Разработка материалов ОВОС является процедурой, наиболее полно учитывающей возможные значимые воздействия техногенной и антропогенной нагрузок на природную и социальную среды, а также определяющей технические решения, позволяющие свести к минимуму эти воздействия.

До введения процедуры ОВОС в системе проектирования повсеместно применялась только инженерно-техническая модель описания территории, отражающая природную среду не комплексно, а фрагментарно: рельеф – на уровне топографической съемки; геология – на уровне инженерно-геологической характеристики грунтов; растительность – на уровне типов (лес, луг, болото). При этом упускались важнейшие связи между компонентами природной среды: ПТК и группы экосистем в их пределах, почвенный покров, растительный и животный мир. Инженерно-техническая модель территории не позволяла принять технические решения проекта, полностью отвечающие требованиям охраны окружающей среды /139, 169–172/. Так, из-за отсутствия экологической оценки при строительстве БАМа, в частности, мерзлотных процессов, на железнодорожной линии Известковая-Ургал деформировано 20% земляного полотна и 32% мостов – на линии Ургал-Комсомольск. Протаиванием грунтов были испорчены все 17 мостов и повреждена пятая часть мостов Забайкальской железной дороги /173/.

Ландшафтно-экологический подход в проектировании – это методологическая установка к сбору, анализу и оценке экологической информации, основанная на реализации принципов территориальности и системности. Связи и зависимости между элементами природной среды и формами хозяйственной деятельности оцениваются взаимосвязанно и комплексно. Ландшафтно-экологическое направление оценки воздействия получило заслуженное признание за рубежом с 60-х гг. и успешно применяется в России в настоящее время. Геоэкологические принципы проектирования сформулированы в работах В.С. Преображенского, Т.Д. Александровой, В.В. Козина, В.В. Хахалкина /139, 170, 174, 175/. Именно этот подход, разработанный профессором Тюменского университета д-ром геогр. наук – В.В. Козиным на примере объектов нефтедобычи севера Западной Сибири /139/, принят нами за концепцию ОВОС нефтегазодобывающего комплекса.

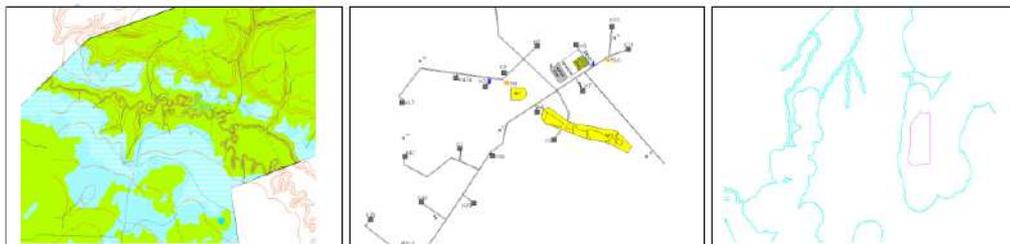
В основу данной концепции положена базовая ландшафтно-экологическая карта (ЛЭК) с выделением экосистем, их функций и устойчивости к

антропогенным воздействиям, зон экологического риска и ограничения хозяйственной деятельности, наиболее ценных районов для традиционного хозяйства (плантаций дикорастущих ягодников, кедровых лесов, ценных охотничьих угодий), путей миграции животных, нерестилищ рыб, мест обитания редких видов животных и растений (при наличии информации), участков с проявлением эндогенных и экзогенных геологических природных процессов, участков интенсивного заболачивания (рис. 1.2, см. цв. вкладку).

На базовую основу ЛЭЖ накладывается планируемая техногенная нагрузка обустройства месторождения и анализируется степень вероятных нарушений экосистем: площади механического нарушения почв и грунтов, участки с вероятной активизацией эндогенных и экзогенных геологических природных процессов и процессов заболачивания, участки с вероятной высокой степенью геохимического загрязнения, степень загрязнения воздушной и водной сред. Анализ степени вероятных нарушений экосистем проводится методом прогноза с использованием аналогов оценки воздействия объектов нефтедобычи на природную среду и методом расчета степени воздействия с последующим сравнением полученных результатов с экологическими нормативами ПДВ, ПДС, нормативными документами отвода земель.

Сопоставление ценности и устойчивости экосистем с предполагаемыми воздействиями технологических объектов и сооружений позволяет принять оптимальные решения по размещению отдельных объектов обустройства месторождений – кустовых оснований, коридоров линейных коммуникаций, включая их перенос и усиление природоохранных мероприятий – гидроизоляция дна и стенок шламовых амбаров, применение безамбарной технологии бурения скважин, усиление обвалования площадок кустов скважин, устройство дополнительных водопропускных сооружений и др. (рис. 1.3, 1.4, см. цв. вкладку).

Использование ЛЭЖ и материалов ИЭИ в ОВОС позволило существенно усилить такие разделы ОВОС, как оценка современного состояния природной среды месторождения, оценка воздействия объектов обустройства месторождения на отдельные компоненты природной среды – почвы, растительность, животный мир, поверхностные и подземные воды, не прибегая при этом к дополнительным натурным исследованиям, так как результаты ИЭИ, полученные сбором материала методом ключевых участков и экстраполяции данных на территорию лицензионного участка месторождения, резко ускорили и при этом удешевили производство работ по ОВОС месторождений (рис. 1.5–1.7, см. цв. вкладку). На базе результатов ИЭИ состав ОВОС существенно дополнен оценкой экономического ущерба, наносимого реализацией проекта растительным (лесным, недревесным) ресурсам, животному миру, ихтиофауне и гидробионтам водных экосистем, земельным ресурсам. При этом также применены и ведомст-



Топографическая основа

Объекты обустройства
месторождения

Природоохранные территории

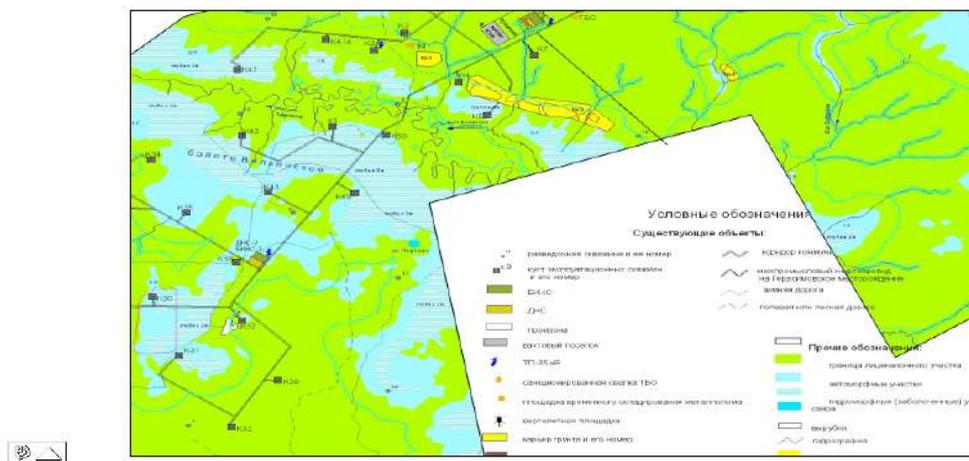


Рис. 1.3. Формирование информационных слоев карты планируемой техногенной нагрузки территории

Ситуационный план
М 1 : 50000
Вариант № 1



Ситуационный план
М 1 : 50000
Вариант № 2



Условные обозначения:

- Ранее запроектированный коридор коммуникаций
- Проектируемый коридор коммуникаций
- Существующие разведочные скважины
- Ранее запроектированные объекты
- Проектируемые объекты
- Существующие объекты
- Границы водоохранных зон поверхностных водных объектов
- Лес высокий
- Лес низкий на болоте
- Болото

Рис. 1.4. Ситуационный план вариантов размещения кустовых площадок добывающих скважин и инженерных сетей к ним:

Вариант № 1: кустовая площадка № 56 вынесена за пределы водоохранной зоны болота. Инженерные сети от куста № 56 в варианте № 1 размещены с меньшим пересечением водотоков с учетом фильтрационного стока болот. В целом вариант № 1 размещения объектов обустройства месторождения экологически более безопасен и выбран как приоритетный. Вариант № 2: кустовая площадка № 56 расположена в границах водоохранной зоны верхового болота, формирующего сток первичной гидросети.

Кустовая площадка № 53 в обоих вариантах размещена в водном объекте (массив верхового болота) без возможности ее выноса за пределы территорий природоохранного назначения (водный объект, водоохранная зона болота) по показателям добычи нефти.

В качестве природоохранных мероприятий к размещению кустовой площадки № 53 предприняты: усиленная обваловка куста и высокая насыпь основания куста; безамбарное бурение скважин, вывоз твердой фракции отходов бурения на шламонакопитель буровых отходов на суходольный участок.

венные методики расчета потерь и упущенной выгоды землепользователей за использование угодий (лесных, охотничьих, сельскохозяйственных) не по их прямому назначению /176–178/.

В Томской области для разработки ОВОС успешно применена методика оценки экономического ущерба, наносимого недревесным ресурсам и животному миру, разработанная специалистами ТГУ – канд. биол. наук С.П. Гуреевым и д-ром биол. наук Е.Е. Тимошок, оценка ущерба рыбному хозяйству применена для объектов нефтедобычи специалистом НИИ биологии и биофизики при ТГУ – зав. лабораторией ихтиологии, канд. биол. наук В.К. Попковым /179, 180/.

Исходные данные для расчета перечисленных выше ущербов получены, главным образом, по результатам ИЭИ, однако частично могут быть предоставлены (при наличии кадастровой информации, данных Росгидромета) ведомственными агентствами Минприроды РФ и других ведомств: Федеральным агентством лесного хозяйства, Федеральным агентством водных ресурсов, Управлением Россельхознадзора.

Компенсационные выплаты за ущербы, нанесенные окружающей природной среде реализацией проекта, представляются в табличной форме (табл. 1.6, 1.7).

Информация ИЭИ, в особенности ЛЭК, позволяет вести экологически безопасное проектирование:

- Проработка экологически и экономически обоснованных вариантов размещения технологических площадок и трасс коммуникаций с учетом экологической опасности проектируемых объектов, наличия зон экологического риска и ограниченного природопользования (водотоки, водоохранные зоны поверхностных водных объектов, леса 1-ой группы, пути миграций ценных видов животных, нерестовые ямы ценных пород рыб и др.), существующей системы землепользования территории и ее ценности в качестве природоресурсного потенциала (рис. 1.3, 1.4, см. цв. вкладку).

- Размещение объектов обустройства по принципу максимального сохранения наиболее ценных природных комплексов, с учетом их устойчивости к планируемым техногенным нагрузкам и быстрого восстановления их исходного состояния.

Экологическими критериями безопасного проектирования считаются /171/:

- надежность и безаварийность технических объектов;
- минимизация потерь ингибиторов, утечек нефти, газа и др. компонентов через неплотности оборудования (фланцевые соединения, сальниковые соединения);
- минимизация выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду;
- минимизация шума;
- минимизация расхода свежей воды;

Т а б л и ц а 1.6

Форма заполнения таблицы «Показатели природопользования при реализации проекта»

Наименование показателя природопользования	Единица измерения	Кол-во	Перечень природоохранных мероприятий
Использование земель Гослесфонда	га		Компенсационные платежи Федеральному лесному агентству; рекультивация нарушенных земель
Изъятие мест обитания диких животных	га		Компенсационные платежи региональному управлению охотничьего хозяйства; ограничение движения вездеходной техники вне полосы отвода земель; запрет охотничьего промысла обслуживающим персоналом
Нарушение мест обитания ихтиофауны, гидробионтов	га		Компенсационные платежи бассейновой службе охраны рыбных ресурсов; строительство инженерных сетей на участках переходов водотоков в зимнее время; очистка территории строительства от строительного мусора; устройство боновых заграждений
Загрязнение атмосферного воздуха	т/год		Утилизация попутного нефтяного газа на собственные нужды; плата за загрязнение атмосферного воздуха.
Использование подземных вод на хозяйственно-питьевые и производственные нужды	тыс. м ³ /год		Организация зоны санитарной охраны первого пояса водозабора, обваловка технологических площадок, устройство ливневой канализации на технологических площадках
Размещение отходов производства и потребления	т		Организованный вывоз отходов производства и потребления на специализированные сооружения (полигон твердых бытовых отходов, шламонакопитель)

Т а б л и ц а 1.7

Форма заполнения таблицы «Компенсационные платежи за нанесенный ущерб природной среде»

Наименование ущерба	Величина платы, тыс. руб.
Строительство (единовременные платежи)	
1. Плата за использование лесных ресурсов	
2. Ущерб животному миру	
3. Ущерб рыбным запасам	
4. Загрязнение атмосферного воздуха	
5. Размещение отходов	
6. Плата за использование подземной воды	
Итого	
Эксплуатация (ежегодные платежи, тыс. руб./год)	
1. Загрязнение атмосферного воздуха	
2. Размещение отходов	
3. Плата за использование подземной воды	
Итого	

- минимизация образования производственных и бытовых отходов и обращение с ними в соответствии с требованиями действующего законодательства РФ.

Таким образом, ландшафтно-экологическая информация, используемая при проектировании и разработке ОВОС, позволяет:

- обосновывать с учетом технико-экономических и социально-экономических показателей оптимальное размещение объектов на местности;
- учитывать экологические факторы, ограничивающие строительство объектов и освоение природных ресурсов территории;
- применять ландшафтно-экологические и эколого-экономические оценки как критерии обоснования эффективности природоохранных мероприятий.

При существующем уровне технологии обустройства и эксплуатации нефтегазовых месторождений определение водоохраных зон (ВЗ) и прибрежных защитных полос (ПЗП) поверхностных водных объектов оценивается как важнейшее природоохранное мероприятие, входящее в систему приоритетов региональной политики природопользования. Для природно-

климатических условий Западной Сибири особую значимость приобретает задача установления ВЗ болотных массивов. Базовым документом для установления ВЗ является постановление Правительства РФ № 1404 от 23 ноября 1996 г. /13/.

Целью проектов ВОЗ является определение существующей хозяйственной деятельности, влияющей на состояние поверхностных водных объектов, обоснование границ ВЗ и ПЗП и разработка мероприятий по предупреждению отрицательного влияния объектов обустройства месторождения на поверхностные водные объекты. Решаемые задачи проекта ВОЗ:

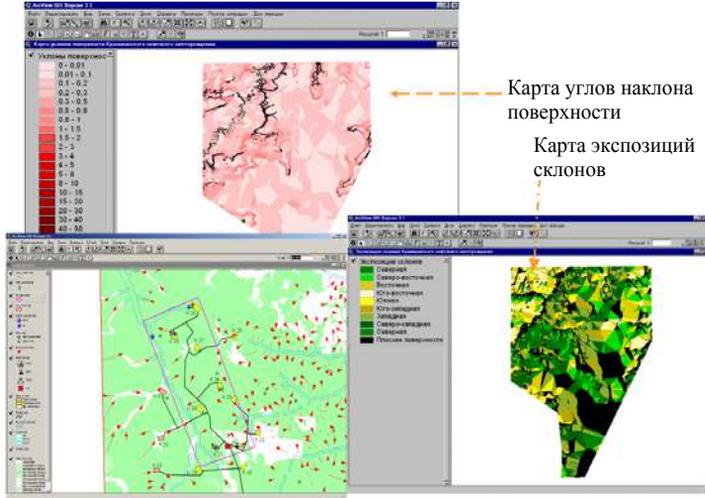
- анализ существующего состояния водных объектов с учетом антропогенного воздействия;
- определение ширины ВЗ и ПЗП с учетом факторов, определяющих максимальный склоновый сток (в зависимости от типа и механического состава почвогрунтов, экспозиции и уклонов склонов, заболоченности, залесенности, вида лесной растительности), а также направления фильтрационного и поверхностного стока вод с болотного массива;
- разработка мероприятий, исключающих возможность отрицательного влияния объектов обустройства месторождения на поверхностные водные объекты.

Материалы экологических изысканий, используемые для разработки проекта ВОЗ (рис. 1.8, 1.9, см. цв. вкладку):

- фондовые материалы;
- картографические материалы;
- материалы аэрофотосъемки;
- полевые материалы ИЭИ;
- материалы лесоустройства.

Ширина ВЗ и ПЗП определяется расчетным методом на основе следующих цифровых материалов: топографическая основа, цифровая модель рельефа (карта уклонов и экспозиций поверхности склонов, направлений потоков миграций геохимических элементов), материалы лесоустройства, карта четвертичных отложений, материалы АФС (дешифрирование линий стока с болотных массивов). Для установления ВЗ и ПЗП болотных массивов в материалах ИЭИ определяют гидрологическую характеристику болотного микроландшафта: мощность деятельного горизонта; средний коэффициент фильтрации в фильтрующем слое; единичный горизонтальный расход при определенном уровне грунтовых вод; химический состав вод; функция распределения коэффициентов фильтрации в деятельном слое; зависимость водоотдачи от уровня болотных вод; модуль проточности.

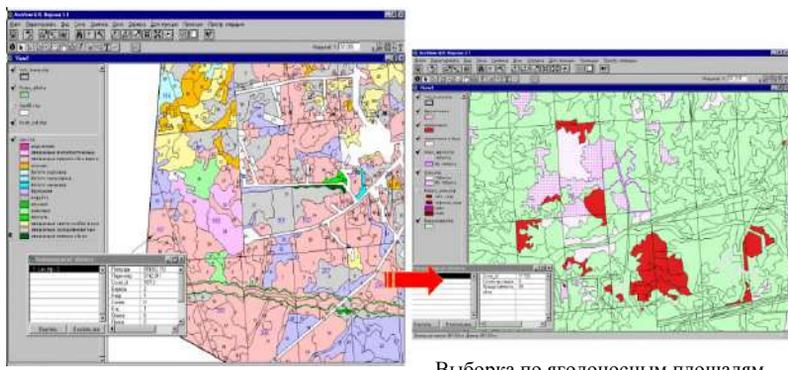
В пределах болотных массивов на основе материалов дешифрирования аэрофото- и космических снимков выделяются микроландшафты с одинаковым законом изменения модуля проточности вдоль любой линии стекания. Анализ гидрологических характеристик микроландшафтов, материалов дешифрирования аэрофото- и космических снимков и результатов на-



Карта углов наклона
поверхности
Карта экспозиций
склонов

Направление потока
миграции геохимических элементов

А



Выборка по типу леса

Выборка по ягодоносным площадям

Б

Рис. 1.8. Сбор, обработка и анализ материалов о состоянии природной среды для разработки проекта водоохранных зон:

А – картографические материалы; Б – материалы лесосустройства.

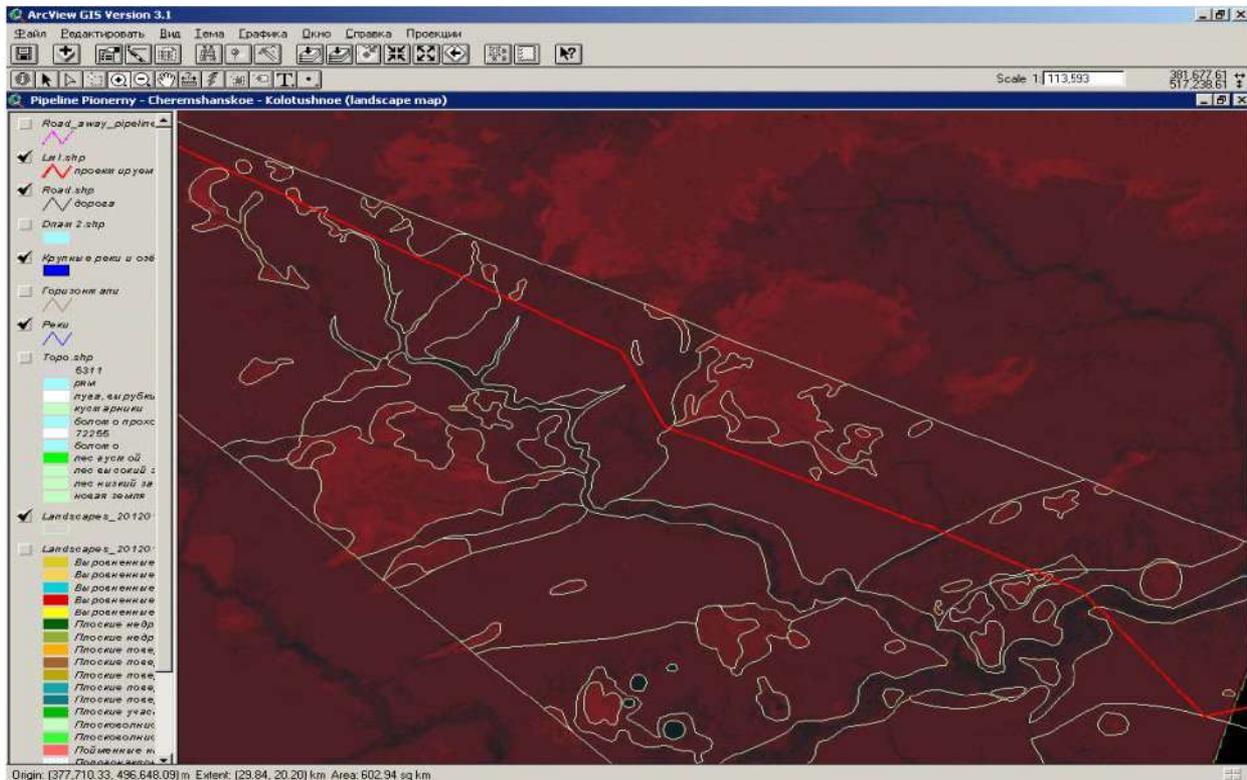


Рис. 1.9. Фрагмент создания ландшафтной карты на основе космического снимка

блюдений за стоком, проводившихся на болотных станциях Гидрометслужбы, Западно-Сибирской экспедицией государственного гидрологического института /5, 181–183/ и в ходе проведения инженерно-экологических изысканий, позволяют выделить микроландшафты, в пределах которых концентрируется болотный сток, поступающий в дальнейшем непосредственно в первичную гидрографическую сеть (ручьи, речки) /184/ (рис. 1.10–1.12, см. цв. вкладку).

На основе полученной информации составляется экспликация земель, отражающая площадные характеристики земель, занимаемых различными водными объектами (площадь болот, озер) и природоохранными территориями (площадь ВЗ и ПЗП). Использование ГИС-технологий (ARC/INFO и ArcView) значительно упрощает решение данных задач.

Под *экологическим мониторингом* понимается система регулярных наблюдений в пространстве и времени, позволяющая оценивать динамику изменения природной среды и контролировать ее состояние под воздействием техногенных факторов. В рамках настоящей работы понятие мониторинга предлагается рассматривать, в первую очередь, с точки зрения решения задач управления, связанных с рациональным использованием и сохранением природно-ресурсного потенциала. В этом аспекте локальный экологический мониторинг рассматривается как один из наиболее важных инструментов, обеспечивающих принятие всесторонне обоснованных управленческих решений природопользователя в области охраны окружающей среды.

Экологический мониторинг осуществляется по принципу «наблюдение – оценка – прогноз» и тесно связан с решением следующих задач /185/:

- наблюдение состояния природных сред и фиксация происходящих изменений;
- контроль выполнения природопользователем экологических (санитарно-гигиенических) нормативов инструментальным и иным количественным методами;
- получение информационной основы для ведения кадастров природных ресурсов локальной территории как количественной единицы региона (субъекта Федерации) в целях осуществления учета природных ресурсов;
- выявление и оценка неблагоприятных тенденций в состоянии компонентов природной среды и природных ресурсов, а также прогноз их состояния при сложившемся или планируемом уровне техногенной нагрузки;
- оценка соответствия состояния каждого из наблюдаемых компонентов природной среды заранее установленной норме и принятие соответствующих управленческих решений по изменению режимов природопользования.

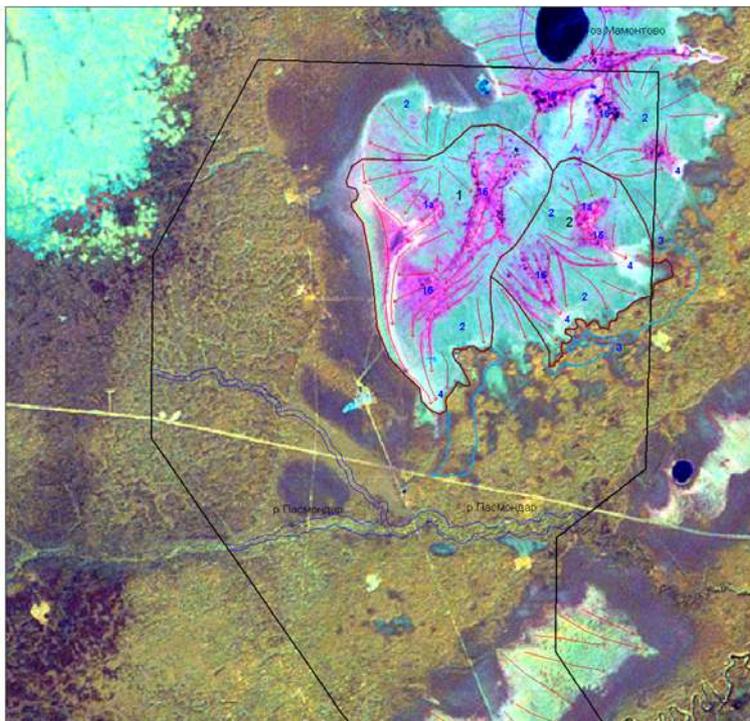
Как известно, добыча, подготовка и транспортировка нефти и газа относятся к факторам повышенной экологической опасности. Постановление правительства РФ от 1993 г. № 1229 «О создании единой системы эколо-

гического мониторинга» /186/, в первую очередь, обращено к предприятиям с высокой степенью экологического риска. Крупные нефте- и газодобывающие предприятия декларируют в числе основных направлений своей экологической политики «планирование, разработку и осуществление мероприятий по управлению экологической безопасностью с учетом основных положений Концепции устойчивого развития и создание системы экстренного реагирования на экологически опасные ситуации, связанные с производственно-хозяйственной деятельностью компании», что, в свою очередь, неразрывно связано с осуществлением локального экологического мониторинга (ЛЭМ).

Данный вид работ включает анализ всей собранной во время ИЭИ информации, результатов камеральной и лабораторной обработки образцов, построение тематических экологических карт.

Программой экологического мониторинга определяются виды мониторинга (аэрокосмический мониторинг, мониторинг за состоянием атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почвенный мониторинг, радиационный мониторинг, фитомониторинг, мониторинг за состоянием геологической среды), устанавливаются места отбора проб и пункты наблюдений, определяется периодичность проведения работ. На карте контрольных пунктов наблюдений отображается расположение точек наблюдений за окружающей природной средой, наличие санитарно-защитных зон от существующих или проектируемых источников выбросов и т.д. (рис. 1.13, см. цв. вкладку).

Комплексный подход в осуществлении ЛЭМ на территории нефтяных и газовых месторождений нашел практическое применение для принятия всесторонне обоснованных управленческих решений природопользователя в области охраны окружающей среды.



Условные обозначения:

- Микроландшафты верхового болота:
- 10 Грядово-мочажинные (менее обводненные)
 - 16 Сильно обводненные грядово-мочажинные и грядово-озерковые
 - 2 Сосново-сфагново-кустарничковые (высота древостоя 4–6 м), сфагново-кустарничковые
 - 3 Сосново-кустарничковые (высота древостоя 9–13 м)
 - 4 Кустарничково-осоково-пушицево-сфагновые

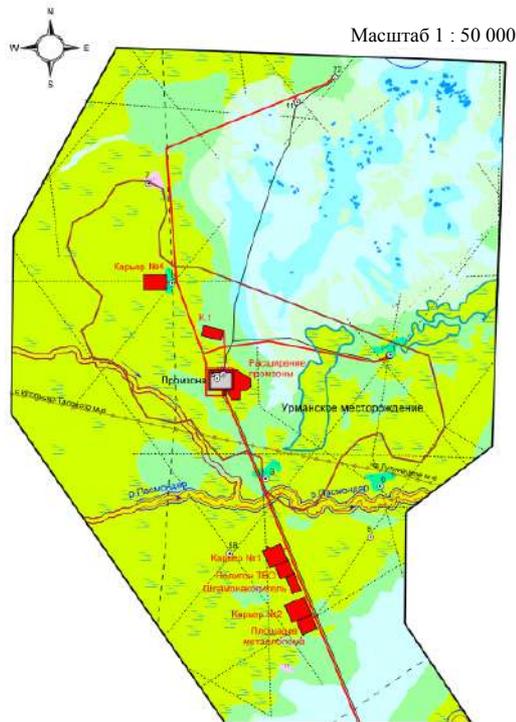
Прочие обозначения:

- Граница рассматриваемой территории
- Граница локального водосбора
- Линии стекания
- Водоохранная зона верхового болота
- Водоохранная зона водотоков, озер

Примечание: Приведены генерализованные направления линий стекания с учетом высотных отметок местности

Рис. 1.10. Дешифрирование космического снимка массива верхового болота, формирующего сток первичной гидросети на территории месторождения.

На снимке выделены направление фильтрационных потоков болотных вод и зоны их разгрузки.



Условные обозначения:

Существующие объекты:

- ⊕ Разведочная скважина и ее номер
- Площадка промзоны, карьер № 3
- ∩ Коридор коммуникаций
- ∩ Просека
- ∩ Зимняя дорога
- ∩ Полевая или лесная дорога

Проектируемые объекты:

- Карьеры, площадка металлалома, полигон ТБО, шламонакопитель, расширение промзоны, кустовая площадка
- ∩ Коридор коммуникаций

Прочие обозначения:

- Граница рассматриваемой территории
- Граница месторождения
- Граница водоохранной зоны водотоков (согласно Положению о водоохранных зонах водных объектов и их прибрежных защитных полосах № 1404 от 23.11.1995 г.)
- Граница прибрежной защитной полосы (согласно Положению о водоохранных зонах водных объектов и их прибрежных защитных полосах № 1404 от 23.11.1995 г.)
- Граница водоохранной зоны верхового болота, формирующего сток
- Озера
- Болото моховое непроходимое
- Болото моховое проходимое
- Болото с травянистой растительностью
- Травянистая растительность луговая
- Лес низкорослый на болоте
- Лес высокий на болоте
- Лес высокий
- Поросль леса
- Заболоченность
- Узкие полосы леса

Рис. 1.11. Карта-схема границ водоохранных зон территории месторождения, выполненная на основе дешифрирования космического снимка (рис. 1.10) и результатов полевых гидрологических исследований

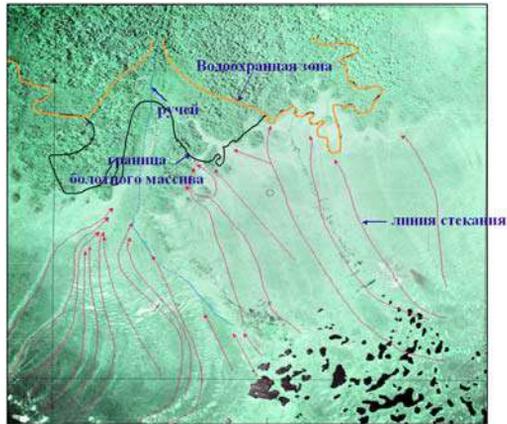


Рис. 1.12. Определение границ водоохранной зоны участка верхового болота, формирующего сток первичной гидросети, на основе аэрофотоснимка



Контрольные пункты наблюдений:

- Место и номер пункта регулярного контроля за качеством поверхностных вод
- Место и номер пункта регулярного контроля за растительностью
- Пункты регулярного контроля за состоянием почв и грунтов
- Место регулярного контроля за геологической средой
- Место и номер отбора проб воздуха по определению оксидов азота, оксида углерода, выбросов сажи и углеводородов ($C_1 - C_{10}$)

Граница санитарной защитной зоны от источников выбросов с корректировкой по розе ветров

Зона санитарной охраны (ЗСО) водозаборных скважин:

- Первый пояс ЗСО
- Второй пояс ЗСО

Рис. 1.13. Карта расположения контрольных пунктов наблюдения за состоянием природной среды на территории месторождения

Глава 2. ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ УЧАСТКОВ ПОЧВ И ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКОЙ И АЭРОФОТОСЪЕМКИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ТЕРРИТОРИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

2.1. Методики исследования

Базовыми документами для проведения экологического мониторинга является Федеральный закон «Об охране окружающей природной среды», СП 11-102-97, РД 39-00147105-006-97, РД 39-0147098-015-90, методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель /7, 8, 111, 115, 187/.

Интенсивное промышленное освоение и эксплуатация территорий месторождений, сопровождающаяся воздействием на природную среду предприятиями нефтегазового комплекса и другими сопутствующими источниками выдвинуло на первый план проблему систематического мониторинга состояния окружающей природной среды. Рост объема нефти, ее транспортировка и вследствие этого ущерб, наносимый окружающей среде из-за загрязнения, делают актуальной задачу заблаговременного обнаружения и прогноза развития нефтяных пятен на почвенном покрове. По территории месторождений проходит большое количество трасс нефтепроводов, от которых исходит основная угроза – порывы нефтепроводов, водоводов, ввиду их изношенности, учащаются в последнее время.

Инвентаризация поверхностно загрязненных участков – начальный этап работ (обследование, выявление, уточнение и оконтуривание поверхностно загрязненных участков), на основе которого принимаются технологические решения по рекультивации. Инвентаризация загрязненных участков включает в себя обследование участков с отбором образцов на химический анализ, оконтуривание загрязненных пятен с помощью GPS-прибора с последующим нанесением координат на картографическую основу. На базе имеющихся данных, полученных путем предпол-

вого и полевого обследования, а также по результатам КХА провели инвентаризацию загрязненных участков и составили паспорта участков нарушенных земель.

В представленной работе рассмотрены возможности комплексного использования материалов космической и аэрофотосъемки для выполнения экологического мониторинга. С использованием этих изображений, полученных в различные сроки, но совпадающих по сезону съемки, можно проанализировать ареалы нефтяных загрязнений, оценить динамику их распространения во времени.

Под дистанционными методами исследования понимается получение информации об объекте по данным измерений, сделанным на расстоянии от объекта, без непосредственного контакта с его поверхностью /54/.

Правомерность постановки задачи настоящей работы обоснована данными научных публикаций, посвященных дешифрированию аэрофото- и спутниковой съемки различных наземных объектов как природного, так и антропогенного происхождения, для целей экологического и природоресурсного мониторинга. Согласно литературным источникам, дешифрирование данных спутниковой съемки и аэрофотосъемки нашло широкое применение при решении широкого круга задач в хозяйственной практике. К сожалению, это в основном опыт зарубежных стран. В нашей стране внедрение в практику данных методов находится в начальной стадии, хотя и претерпевает бурное развитие. Из мировой практики известно активное применение методов дешифрирования для нужд сельского хозяйства. Прогнозирование урожайности, определение степени созревания, наличия болезней и т.д. – все это происходит с использованием этих методов. Для нужд лесной промышленности они также хорошо разработаны и активно используются данные методы. Известны работы по мониторингу состояния лесных массивов на основе данных спутниковой съемки (например, система дистанционного зондирования лесов в Канаде), прогноз и обнаружение лесных пожаров, определение состояния лесов и продуктивности и т.д.

Целью нашей работы является применение методов дешифрирования аэрофотосъемки и спутниковых данных для целей обнаружения нефтяных загрязнений на земной поверхности. Из литературных источников известен опыт обнаружения таких загрязнений на водной поверхности (например, обнаружение разливов нефти в Персидском заливе). Известен факт, что альbedo подстилающей поверхности участка, загрязненного нефтью, отличается на порядок от альbedo чистого участка. Кроме того, достаточно хорошо изучены спектральные свойства подстилающих поверхностей, типичных для районов добычи нефти. Эти два факта позволяют дешифрировать аэрофотосъемки и данных спутникового зондирования для обнаружения нефтяных загрязнений.

2.2. Общие принципы использования материалов космической и аэрофотосъемки в экологическом мониторинге нефтезагрязненных земель территорий месторождений нефтегазового комплекса

Сбор и подготовка данных осуществляется на базе отраслевых, региональных и локальных ГИС по результатам комплексного мониторинга методами и средствами ДЗ с использованием картографических, фондовых, нормативных, справочных материалов и данных наземных обследований. Наземные обследования проводили на нефтяных месторождениях с 1997 г.

Целью настоящего исследования являлась разработка тематического программного обеспечения, позволяющего по данным аэрофотосъемки и спутниковой информации производить выделение участков подстилающей поверхности, загрязненных нефтяной пленкой.

Ставилась задача: по данным обучающих выборок, предоставляемых заказчиком, создать программное обеспечение, устойчиво выделяющее нефтяные загрязнения.

Работа выполнялась в три этапа. Первый этап включал в себя разработку программного обеспечения. Второй этап: отладка и тестирование разработанного программного обеспечения по данным аэрофотосъемки и спутниковым данным. Третий этап: опытная эксплуатация и передача заказчику.

Порядок ввода в действие и передача выполненной работы заказчику определяется техническим заданием к хозяйственному договору и предполагает передачу заказчику программных комплексов, реализующих решение выше сформулированной задачи, а также передачу отчета, содержащего описание алгоритмов и листинги разработанных программ.

Исходными для выполнения работы являлись данные аэрофотосъемки и спутниковых измерений. Данные аэрофотосъемки были представлены заказчиком.

Данные аэрофотосъемки приводятся на примере одного нефтяного месторождения. Съемку проводили в летнее время (июнь).

При оценке антропогенного воздействия на окружающую природную среду необходимо иметь фоновые показатели о динамике ПТК, в том числе и в естественном состоянии, т.е. осуществлять мониторинг слабо освоенных территорий для получения нулевого отчета динамических процессов. Первым этапом работ было проведение инженерно-экологических изысканий на территории нефтяных месторождений. На этом этапе было проведено рекогносцировочное обследование территории месторождения, в том числе нефтезагрязненных участков. Далее на основании картографических, фондовых, нормативных результатов и данных наземных рекогносцировочных обследований был проведен отбор проб на нефтезагряз-

ненных участках. Эти участки были привязаны на местности GPS-приемником.

Следующим этапом работ являлся мониторинг природной среды, в том числе мониторинг почв. Для выполнения экологического мониторинга нефтезагрязненных участков почв на региональном уровне наибольший интерес представляют данные аэрофотосъемки и спутниковых измерений. Спутниковая информация приобреталась исполнителем, представляла собой данные измерений спутников Ресурс-03 и Космос-1939 в трех спектральных каналах в видимом диапазоне частот и обеспечивала получение тематических карт по широкому спектру задач, начиная с М 1 : 100 000. Съемка производилась в середине февраля и в апреле.

Однако ряд задач, в том числе задач экологического мониторинга, требует более подробных данных на обследуемую территорию. В частности, при обследовании загрязненных территорий необходимо знать положение и тип источников загрязнения, динамику их распространения и возможные последствия. При отсутствии возможностей проведения наземных обследований, помимо фондовых материалов, целесообразно использовать результаты локального мониторинга на ключевых участках. Для локального мониторинга представляет интерес цветная спектрально-аналитическая аэрофотосъемка, обеспечивающая составление тематических карт М 1 : 50 000 и крупнее.

Одной из основных проблем при использовании такого типа видеоданных в комплексе с многозональными космическими изображениями являются различия в методологиях их дешифрирования. Крупномасштабные аэрофотоснимки, как черно-белые, так и спектрально-аналитические, традиционно дешифрируются визуально-камеральным способом или средствами интерактивного анализа в системах обработки изображений. Комплекс применяющихся при этом дешифровочных признаков часто не поддается полной формализации. В то же время для совместного использования космических сканерных и крупномасштабных фотоизображений в технологиях автоматизированного дешифрирования необходима сопоставимая система признаков. Наиболее естественная основа такой системы – спектральные отражательные свойства объектов земной поверхности. При этом сам процесс и результаты дешифрирования должны быть согласованы с принятой таксономической контурной основой. Таксономической (базовой кадастровой) основой ГИС при выполнении ресурсных оценок и определении степени нарушенности ПТК на региональном и локальном уровнях являются ландшафтно-геоботанические контуры. Оценки территории по комплексу природно-хозяйственных показателей осуществляются в пределах этих таксономических единиц в соответствии с методиками, применяющимися в системах инвентаризации и ресурсной оценки земельных угодий /188, 189/.

2.2.1. Алгоритмы, положенные в основу разработанного программного обеспечения

Алгоритм классификации. В основу алгоритма классификации образов положен один из простейших и наиболее эвристических подходов, а именно использование для классификации образов функций расстояния. Выбор функций расстояния в качестве инструмента классификации является естественным следствием того, что наиболее очевидный способ введения меры сходства для векторов образов, интерпретируемых как точки в евклидовом пространстве, это определение их близости. Использование функций расстояния позволяет получать удовлетворительные практические результаты, когда классы образов обнаруживают тенденцию к проявлению кластеризационных свойств. Подход, при котором близость классифицируемого образа к образам некоторого класса используется в качестве критерия его классификации, получил название классификации образов по критерию минимума расстояния /190/.

Классификация образов с помощью функций расстояния – одна из первых удачных попыток автоматического распознавания образов. Этот метод оказывается очень эффективным инструментом при решении задач, в которых классы характеризуются степенью изменчивости, ограниченной в разумных пределах, т.е., образы любого из рассматриваемых классов проявляют тенденцию к тесной группировке вокруг некоторого образа, являющегося типичным, или репрезентативным, для соответствующего класса. Подобные ситуации возникают, если изменчивость образов невелика, а помехи легко поддаются учету.

Алгоритм выделения областей. После того как все точки $F(x, y)$ исходного изображения прошли процедуру классификации, возникает задача слияния соседних точек (принадлежащих одному эталону) в области. Ключевым для проведения такой процедуры является понятие **связанности** двух элементов изображения. Считают, что две точки изображения являются **связанными**, если существует путь между ними, вдоль которого характеристическая функция постоянна /191/. **Связная компонента** бинарного изображения есть максимальное множество связанных точек, т.е. множество, состоящее из всех тех точек, между любыми двумя из которых существует связывающий их путь. Одним из способов разметки объектов на дискретном бинарном изображении состоит в выборе произвольной точки, в которой $b_{ij} = 1$, и приписывании метки этой точки и ее соседям. На следующем шаге помечаются соседи этих соседей (кроме уже помеченных) и т.д. По завершении этой рекурсивной процедуры одна компонента будет полностью помечена, и процесс можно будет продолжить, выбрав новую начальную точку. Чтобы ее отыскать, достаточно каким-либо систематическим образом перемещаться по изображению до тех пор, пока не встретится первая еще не помеченная точка, в которой $b_{ij} = 1$. Ко-

гда на этом этапе не останется ни одного такого элемента, все объекты изображения окажутся размеченными. Для нашего случая, когда классификация осуществляется с целью выделения нефтяных загрязнений (единственный эталон) и все остальное – фон (множественные эталоны), очевидно, что фон также можно разбить на связные компоненты. Их можно пометить с помощью этой же процедуры, но при этом необходимо пометить метки.

Для реализации вышеописанной процедуры важным понятием является понятие **сосед**. Если имеем дело с квадратным растром, то соседями следует считать четыре элемента изображения, касающиеся сторон данного элемента. При этом остаются вне рассмотрения элементы, касающиеся анализируемого в углах. Такой детектор называется четырехсвязным. Восьмисвязным детектором будет называться детектор, в котором элементы, касающиеся в углах, также считаются соседними. В разработанном программном обеспечении используется алгоритм четырехсвязного детектора. Суть алгоритма разметки при последовательном сканировании изображения состоит в следующем. Пусть сканирование ведется строка за строкой сверху вниз и слева направо (рис. 2.1).

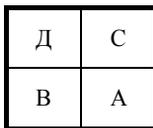


Рис. 2.1. Способ расположения при сканировании изображения алгоритма четырехсвязного детектора

Тогда при обработке элемента А уже известно, что элемент В, так же, как и верхний С, уже помечен. Далее, элемент Д, расположенный над В, считается связанным с А и потому также должен быть принят во внимание. Предположим, что размечаем только компоненты объекта. Тогда если А содержит путь, то можно идти дальше. Если А содержит единицу, а Д уже помечен, то достаточно просто скопировать эту метку и продолжить работу. То же самое необходимо сделать, если помечен один из элементов – В или С. Если же ни В, ни С не помечены, то мы должны выбрать новую метку для А. Тем самым впервые вводится в рассмотрение новая компонента. Оставшаяся возможность: как В, так и С имеют метки. Проблем не возникает, когда эти метки одинаковые, но поскольку по схеме они не являются соседями, их метки могут быть различными. В этом случае обнаруживается, что две различные метки использовались для различных частей одной компоненты изображения. Они соединяются через точку А. В этот момент необходимо указать, что две метки эквивалентны, и использовать одну из них для А. В конце просмотра данные, относящиеся ко всем частям

с эквивалентными метками, необходимо объединить. Если ставим задачу обозначить области едиными метками, необходимо сделать второй просмотр изображения, присваивая каждой области метку – представителя того класса эквивалентности, которому принадлежит ее исходная метка /191/.

Заключительной процедурой разработанного программного обеспечения является процедура прослеживания контура выделенных областей.

Алгоритм прослеживания контура. Область объекта полностью определяется его границей. Методы обнаружения границы основаны на том, что вблизи точек границы имеют место изменения яркости. Однако проблемы освещения, отражения от поверхности объекта, ухудшения качества вследствие шума при регистрации изображения и ряд других проблем существенно затрудняют моделирование таких изменений полутонов. Разработано множество методов обнаружения границ на базе самых различных моделей /192/. В разработанном программном обеспечении использовался метод прослеживания контура. Прослеживание контура состоит в том, чтобы попытаться пройти по его точкам. Для двухградационных изображений алгоритм прослеживания контура весьма прост. Данный алгоритм может быть обобщен на полутоновые изображения. Основная идея при этом состоит в том, чтобы попытаться проследить общее направление границы. Предположим, что X_i найдено. Тогда сначала найдем X_i , соседнее с X_i вдоль того же направления, какое имеет в X_i (или в направлении, перпендикулярном градиенту в X_i). Если $S(X_j) > T$, то X_j берется в качестве следующей точки, лежащей на границе. В противном случае, в зависимости от того, находится ли точка X_j внутри объекта или нет, проверяется точка X_j' или X_j'' .

В заключение следует подвести итог: комплексная автоматизированная обработка многозональных космических и спектрзональных аэрофотоснимков с использованием ГИС-анализа обеспечивает получение достаточно широкого спектра данных для инвентаризации нарушенных земель и оценки стоимости ущерба, наносимого землям нефтедобывающими предприятиями. При этом крупномасштабная спектрзональная аэросъемка позволяет:

- с высокой точностью определить границы и площади основных водных объектов, долю водной компоненты в пределах грядово-мочажинных болотных комплексов;
- выделить границы и площади нарушенных участков обследуемой территории, выделить источники техногенного воздействия;
- выявить основные последствия техногенного воздействия: нарушения почвенно-растительного покрова вблизи карьеров, поселков и промобъектов; нарушение гидрологического режима, заболачивание низин, усиление эрозионных процессов в ложбинах и на ближайших склонах; просадки и провалы грунта, глубокие эрозионные борозды и овраги; техногенные водоемы вдоль насыпных линейных сооружений;

- с высокой точностью определить границы ареалов загрязнения нефтью почвенно-растительного покрова двух-трех степеней в зависимости от состава растительности и площади загрязнений;
- выделить основные типы растительности (леса, кустарники, мохово-кустарничковые болотные и тундровые группировки, травянистую растительность);
- сформировать таксационную основу для проведения количественных оценок и подготовки нормативно-справочной документации по решаемой задаче.

Разработанная методика комплексной автоматизированной обработки многозональных космических изображений и спектральнональных аэрофотоснимков может быть использована в геоинформационных технологиях для создания серий карт экологического состояния территории на региональном уровне (М 1 : 100 000 и мельче) и подготовки нормативно-справочной документации, необходимой для выполнения расчетов стоимости экологического ущерба. Поскольку результаты были получены без привлечения материалов наземных обследований, данную методику можно применять для территорий, недоступных или труднодоступных в момент проведения мониторинга или при отсутствии средств на проведение полевых наблюдений.

2.2.2. Результаты обработки снимков Quick Bird

В качестве примера можно привести результаты обработки снимков Quick Bird одного нефтезагрязненного участка, исследованного в 2003 г.

При обработке спутникового снимка Quick Bird на территории нефтяного месторождения были выполнены следующие работы:

1. Построены обучающие регионы, контуры которых представлены на рис. 2.2 (см. цв. вкладку).

2. Подсчитаны статистические характеристики обучающих регионов, такие, как матрицы корреляций и ковариаций, средние значения и максимальные и минимальные значения в каждом из спектральных диапазонов.

3. Проведена автоматическая классификация исходного изображения при различных сочетаниях спектральных признаков, например, при комбинации RGB-каналов и панхроматического канала, при комбинации RGB-каналов и инфракрасного канала и т.д. Наиболее эффективным оказалось простое сочетание красного, зеленого и синего каналов снимка, результаты этой классификации представлены на рис. 2.3 (см. цв. вкладку).

Для улучшения качества классификации и устранения шума был применен метод фильтрации изображения с помощью мажоритарного фильтра (рис. 2.4, см. цв. вкладку).

Далее на рис. 2.5 (см. цв. вкладку) представлен небольшой участок снимка, совмещенный с классом «Нефтяные загрязнения», а на рис. 2.6 (см. цв. вкладку) представлен тот же фрагмент исходного изображения.

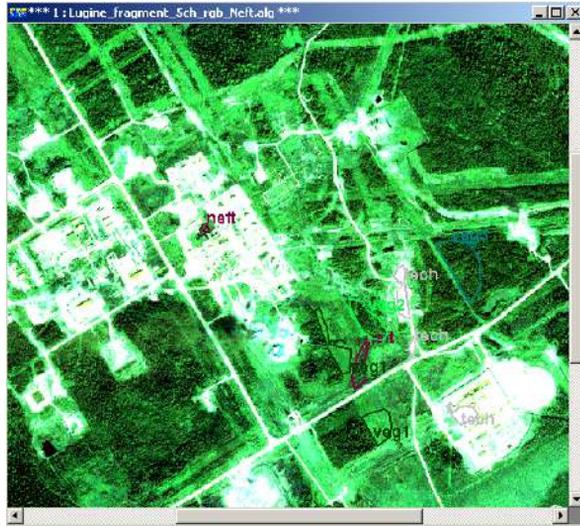


Рис. 2.2. Контурные обучающих регионов



Рис. 2.3. Результаты автоматической классификации исходного изображения
(классы объектов: ■ растительность, ■ растительность, ■ растительность,
■ техногенные объекты, ■ нефтяные загрязнения)



Рис. 2.4. Результаты автоматической классификации исходного изображения после обработки мажоритарным фильтром



Рис. 2.5. Фрагмент снимка нефтяного месторождения, совмещенный с классом «Нефтяные загрязнения»

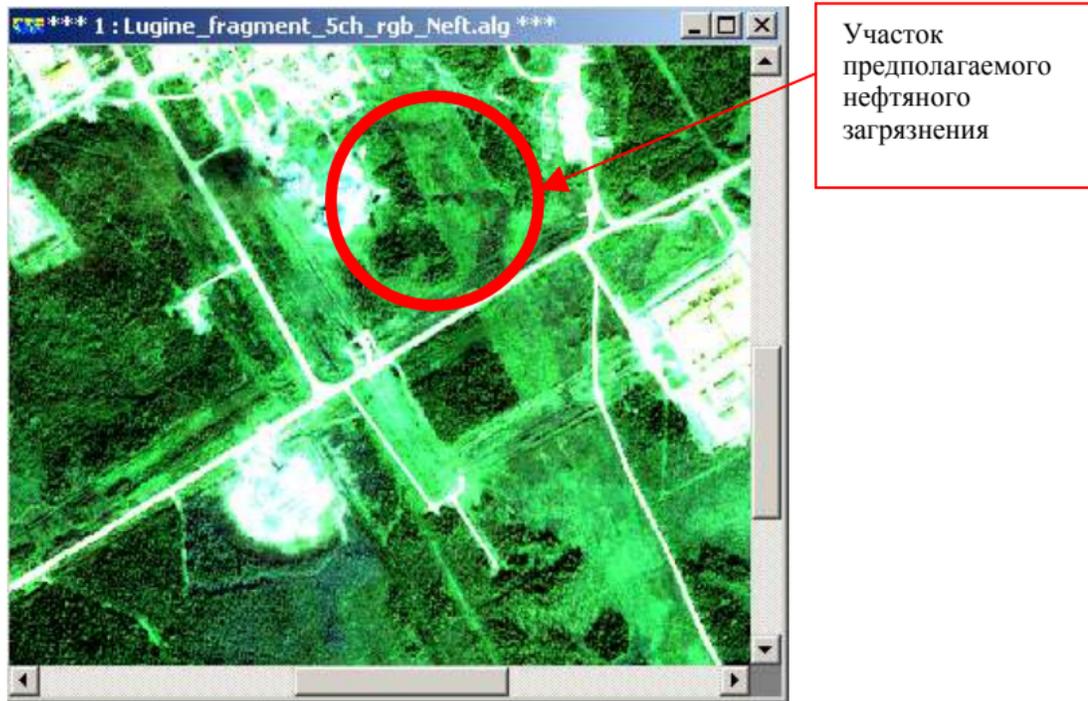


Рис. 2.6. Фрагмент исходного снимка нефтяного месторождения

2.2.3. Проблемы, возникшие при автоматическом дешифрировании

Неверная классификация пикселей изображения, представляющих собой тени деревьев, как участки нефтяных загрязнений. Например, на рис. 2.7 (см. цв. вкладку) приведен участок исходного изображения – при визуальной оценке можно сказать, что на данной территории нефтяных загрязнений нет, но по результатам классификации, представленным на рис. 2.8 (см. цв. вкладку), можно увидеть небольшие вкрапления нефтяных пятен.

Решением данной проблемы является применение мажоритарного фильтра, результаты этого представлены на рис. 2.9 (см. цв. вкладку).

Неверная классификация участков изображения, идентифицированных по топографической карте как болота с низкорослым лесом, как участков нефтяных загрязнений. Например, на рис. 2.10 (см. цв. вкладку) приведен участок исходного изображения, при визуальной оценке которого нельзя с уверенностью судить о существующих нефтяных загрязнениях, а результаты классификации, представленные на рис. 2.11 (см. цв. вкладку), свидетельствуют о наличии таковых.

Решением данной проблемы могут быть полевые исследования каждого «подозрительного» участка территории либо исключение из рассмотрения тех участков нефтяных загрязнений, которые совпадают с болотами, имеющих низкую вероятность достоверности.

2.3. Результаты полевых, камеральных и лабораторных работ, анализ результатов, полученных в процессе обработки данных полевых обследований

Для проведения полевого картографирования в августе – октябре 2003 г. были проведены полевые обследования участков поверхностнозагрязненных земель.

Оконтуривание загрязненных территорий, привязку на местности пунктов наблюдений и отбора проб почв и грунтов осуществляли с помощью GPS-приемника, а также с помощью ориентиров на местности.

Полевое картографирование мест почвенных загрязнений проводили в 2 этапа.

В *первый (рекогносцировочный)* этап обследования вошло: выявление загрязненных земель и приблизительное оконтуривание ареалов их распространения, а также окончательное определение видов загрязняющих веществ, подлежащих количественному определению на втором (детальном) этапе обследования.

Первый этап обследования включал в себя маршрутное обследование территории без отбора образцов почв.

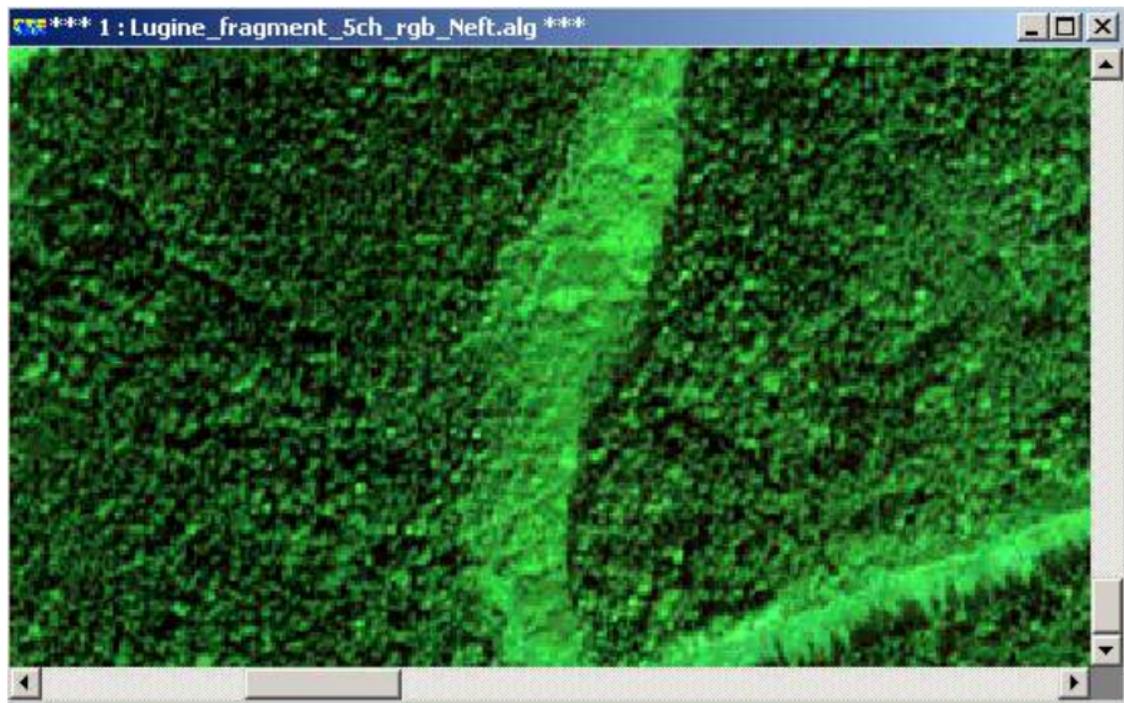


Рис. 2.7. Фрагмент снимка нефтяного месторождения

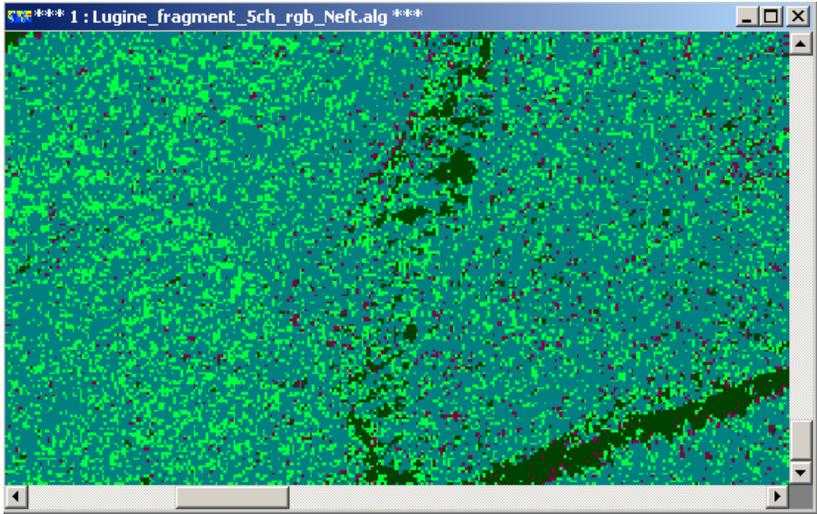


Рис. 2.8. Результаты автоматической классификации исходного изображения

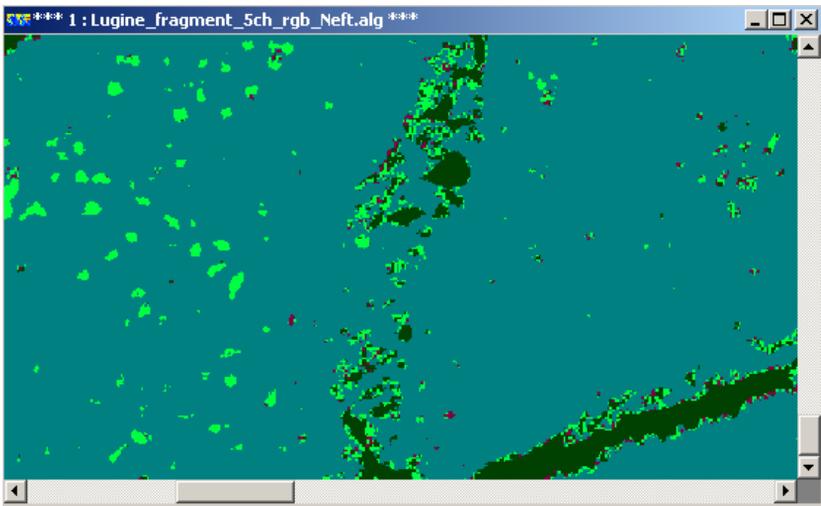


Рис. 2.9. Результаты автоматической классификации исходного изображения после обработки мажоритарным фильтром

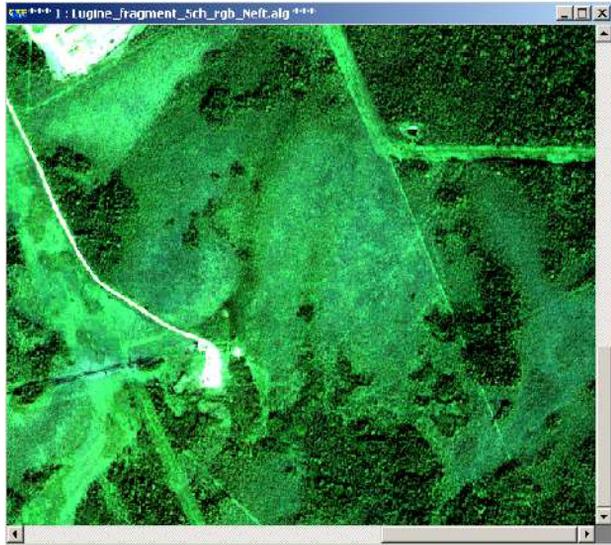


Рис. 2.10. Фрагмент исходного снимка нефтяного месторождения

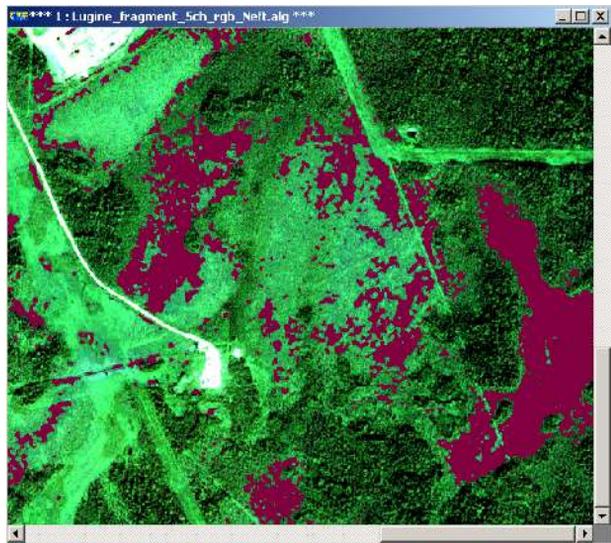


Рис. 2.11. Результаты автоматической классификации исходного изображения (класс нефтяные загрязнения), совмещенные с исходным снимком

Маршрутное обследование территории проводили во время поездок и пеших маршрутов, при наличии картографической основы с нанесенной на нее схемой пробоотбора и собранного ранее информационного материала. Целями маршрутного обследования являлись:

- уточнение расположения возможных источников загрязнения;
- оценка на месте хозяйственного использования территории и ее районирование по этому признаку, уточнение на карте границ этих районов;
- визуальное выявление загрязнения земель и сопутствующих ему признаков (угнетение и поражение растительности);
- уточнение мест расположения пунктов пробоотбора почв.

Второй (детальный) этап обследования заключается в составлении детальных картограмм загрязнения земель на участках территории месторождений, которые признаны загрязненными по итогам рекогносцировочного этапа и определены в качестве первоочередных по срокам и необходимости их картографирования.

Второй этап включал в себя:

- выбор картографической основы на обследуемый загрязненный участок территории;
- пробоотбор почв на данном участке;
- фотографирование загрязненного участка;
- анализ проб на приоритетные для обследуемого участка загрязняющие химические вещества;
- написание отчета.

Выбор масштаба картографической основы определяется размером обследуемой территории и категорией ее сложности, а также степенью требуемой детальности карты загрязнения. В качестве основной использовали масштабы 1 : 5 000 и 1 : 10 000, для детального картографирования использовали и более крупномасштабные основы /111/.

После выбора масштаба определили схему пробоотбора. Независимо от того, является ли источник загрязнения точечным или площадным, на втором этапе пробоотбор проводят по равномерной случайно-упорядоченной сетке /111/. Такой пробоотбор в значительной степени облегчает применение методов интерполяции полученных аналитических данных, а также позволяет правильно рассчитать площади загрязнения.

В ходе полевого обследования отбирали образцы почв по заранее намеченной и откорректированной на местности во время маршрутных поездок схеме. Схема размещения мест пробоотбора зависит от характера пространственного распределения загрязняющих химических веществ в почвах обследуемой территории, т.е. систему отбора образцов строили в зависимости от сложности ландшафта, геохимической и гидрологической обстановки. Пункты пробоотбора объединяли в систему профилей, располагающихся в направлении движения поверхностного стока от места разлива до места промежуточной или конечной аккумуляции.

Данные о содержании загрязняющих химических веществ в почве заносили в ведомость с указанием координат пунктов пробоотбора, а также заносили на картооснову.

Карты-схемы поверхностнозагрязненных земель дорабатывали в стационарных условиях с использованием ГИС-технологий. В законченном виде они представляют собой масштабные карты с нанесенными на них пунктами пробоотбора, с указанием площади загрязненных земель, источниками загрязнения, основными ориентирами (привязка к техногенным объектам), ландшафтной характеристикой и степенью загрязнения территории.

При полевом обследовании поверхностнозагрязненных участков на месторождениях был проведен пробоотбор почвенных образцов с глубины 0–20 см, 20–40 см на КХА. На обводненных участках загрязнения были отобраны пробы воды для определения удельной электропроводности.

Отбор почвенных проб осуществляли с учетом рельефа и степени загрязненности почвенного покрова с таким расчетом, чтобы в каждом случае была представлена наиболее репрезентативная часть почвы, типичная для генетических горизонтов или слоев загрязненных почв /187/.

Пробы отбирали на исходных (загрязненных и незагрязненных) участках (не менее одной объединенной пробы с площади 0,5–1,0 га) по координатной сетке, указывая их номера в картах-схемах.

На каждую пробу заполняли сопроводительную этикетку и составляли «Ведомость отбора проб и химического анализа почв».

Отбор проб и транспортировку производили согласно государственным стандартам /107, 108, 119, 193/, с учетом рекомендаций /120, 121/.

Пробы, доставленные в аккредитованную лабораторию ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК» (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.510987 от 17.03.2000 г. действителен до 15 мая 2008 г.) для количественного химического анализа, зарегистрированы в журнале и пронумерованы. Пробы почв для химического анализа высушивали до воздушно-сухого состояния по ГОСТ 5180-84. Для определения химических веществ пробу почвы в лаборатории рассыпали на кальке и разминали пестиком крупные комки /108/. Затем выбирали включения – корни растений, насекомых, камни, стекло, уголь, а также новообразования – друзы гипса, известковые журавчики и др. Минеральную почву растирали в ступке пестиком и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм, а органическую почву – с диаметром 2 мм. Высушенные до воздушно-сухого состояния пробы сразу анализировали.

Химический, физико-химический и физический анализ почв, грунтов проводили с учетом рекомендаций /108, 111, 115, 119/ по следующим показателям:

- гигроскопическая влажность /156/;
- содержание нефтепродуктов методом ИК-фотометрии /116/;
- сульфаты, хлориды /151/;

- удельная электропроводность /150/;
- рН водной вытяжки /150/.

Физико-химический анализ почвенных образцов проводили в лаборатории мониторинга природной среды ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК» (аттестат аккредитации RU.0001.510987). Исследования выполняли в соответствии с требованиями СП 11-102-97 /8/, ГОСТ 17.4.3.03-85 /119/ (табл. 2.1).

Содержание компонентов определяли в образцах, доведенных до воздушно-сухого состояния. При подготовке образцов и проведении химических анализов руководствовались требованиями ГОСТ 29269-91 /194/.

Нефтепродукты определяли методом инфракрасной спектрофотометрии. Метод определения основан на извлечении нефтепродуктов из анализируемых проб почв органическим растворителем, отделении от полярных соединений других классов колоночной хроматографией на оксиде алюминия и количественном определении по интенсивности светопоглощения в ультрафиолетовой области спектра. Определение проводили на приборе КН-1, в качестве растворителя использовали четыреххлористый углерод.

Измерение гигроскопической влажности выполняли методом инфракрасной сушки. Определение гигроскопической влажности образцов производили по значениям убыли массы навески почвы при высушивании инфракрасным излучением в анализаторе влажности МА-30 при фиксированном значении потока ИК-излучения.

Определение удельной электропроводности и рН проводили в водной вытяжке: 5-кратный по отношению к массе почвы объем воды добавляли к навеске почвы, суспензию взбалтывали и фильтровали. В фильтрате (водной вытяжке) определяли удельную электропроводность кондуктометрическим методом, рН-потенциометрическим методом.

Т а б л и ц а 2.1

Перечень методик количественного анализа почвенных образцов

№ п/п	Определяемые показатели	Метод анализа	Нормативный документ на методику выполнения измерений
1	Нефтепродукты	ИК-фотометрический	РД 52.18.575-96 /116/
2	Сульфаты, хлориды	Ионная хроматография	ПНД Ф 16.1.8.-98 /151/
3	Гигроскопическая влажность	Гравиметрический	Св-во УНИИМ № 241.103/02 /156/
4	рН водной вытяжки	Потенциометрический	ГОСТ 26423-85 /150/
5	Удельная электропроводность	Кондуктометрический	ГОСТ 26423-85 /150/

Воздействие нефти на почвенный покров приводит к изменению экологического равновесия экосистемы. По данным инвентаризации и результатам проведенных КХА, нефть, попадая на поверхность, впитывается в почву, мигрирует по профилю, коренным образом меняя физико-химические свойства, структуру почвенной биоты и в целом весь биоценоз. При аварийных разливах нефть растекается по поверхности, прекращается кислородное питание растений, основное ее количество сосредоточено в верхних горизонтах почвы. По данным Б.Е. Чижова, 1998 /195/, до 90% нефти находится в 15-сантиметровом слое почвы, глубже наблюдается снижение ее концентрации.

Наши исследования показали, что вертикальное загрязнение почвогрунтов нефтью и нефтепродуктами в значительной степени зависит от механического состава почвы, положения зеркала грунтовых вод и времени воздействия.

В переувлажненных торфянисто-глеевых почвах накопление разлитой нефти отмечается в торфяном слое на глубине 8–17 см, а самая высокая концентрация ее сосредоточена в верхнем 5-сантиметровом слое, что подтверждается другими исследователями /195/. По результатам химического анализа, степень загрязнения на болотных верховых торфяных почвах (рис. 2.12) – сильнозагрязненная и среднезагрязненная /196/, где содержание нефтепродуктов варьирует от 12,9 г/кг до 104,6 г/кг; хлорид-ионов от 294,9 мг/кг до 1 669,0 мг/кг; и натрия от 160,2 мг/кг до 989,5 мг/кг. На суходольных участках (рис. 2.13 а, б) минеральных горизонтов содержание нефтепродуктов до 10,4 г/кг. Наши исследования показали, что нефтепродукты накапливаются в верхнем органическом горизонте, на примере одного нефтезагрязненного участка дерново-подзолистой почвы, и составляют 65,8 г/кг, в нижележащем минеральном горизонте содержание нефтепродуктов в несколько десятков раз меньше – 1,21 г/кг.

Наибольшие площади поверхностнозагрязненных земель, на обследованных месторождениях приходятся на болотные массивы. Распределение



Рис. 2.12. Нефтезагрязненные участки на болотном массиве



Рис. 2.13. Нефтезагрязненный участок: а) на суходольном участке; б) вдоль трассы нефтепровода

нефти в болотных торфяных почвах устанавливается по уровню стояния грунтовых вод, амплитуде колебания его в течение вегетационного сезона, а также по плотности деятельного горизонта торфа. На сфагново-осоковых болотах основное количество нефти располагается в верхнем 5-сантиметровом слое, на сфагново-кустарничковых – в 10–15-сантиметровом слое. Снижение концентрации загрязнителя с глубиной постепенное. При падении уровня грунтовых вод нефть оседает и постепенно затвердевает, образуя асфальто-смолистую корку.

На представленной диаграмме (рис. 2.14) видно, что наиболее загрязнены болотные торфяные почвы (68% от общей площади загрязнения). Следующие по загрязненности – суходольные дренированные дерново-подзолистые почвы (14%). Пойменные загрязненные участки составляют 11%. Наименее загрязнены болотно-подзолистые почвы – 7%.

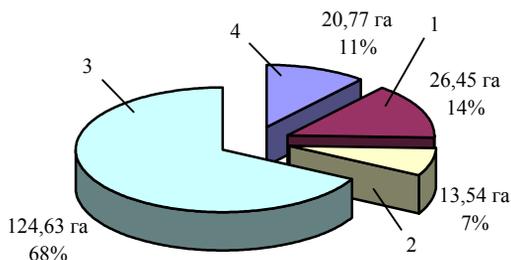


Рис. 2.14. Круговая диаграмма площадей загрязненных участков на разных типах почв на территории всех обследованных месторождений:

1 – дерново-подзолистые почвы; 2 – болотно-подзолистые почвы; 3 – болотные торфяные почвы; 4 – аллювиальные почвы.

Форма и интенсивность деградации природной среды под влиянием нефти определяется не только количеством поступивших поллютантов и их составом, но и в значительной степени свойствами загрязненных ландшафтных комплексов. Основные факторы, ответственные за потенциальную нефтеемкость-нефтеотдачу природных систем – это мощность, сорбционная емкость и проницаемость субстратов, наличие и качество геохимических барьеров на пути миграции техногенных потоков, специфика почвенно-грунтовых миграционных процессов /197/.

Вертикальное загрязнение почвогрунтов нефтью и нефтепродуктами в значительной степени зависит от механического состава почвы, положения зеркала грунтовых вод и времени воздействия. Например, на почвах легкого механического состава создается сплошной фронт продвижения нефти; на тяжелосуглинистых – нефть проникает по трещинам вдоль корневых систем растений, сорбируется в отдельных горизонтах, создавая своеобразные «нефтяные макроструктуры» почвенного профиля. Поток нефти стабилизируется, частично рассеивается, снижается концентрация. На примере нефтезагрязненного суходольного участка можно проследить распределение содержания нефтепродуктов до глубины 40 см: на глубине 20–40 см (среднесуглинистая) содержание нефтепродуктов в 5 раз выше, чем в вышележащем слое 0–20 см (легкосуглинистая): 5,73 и 1,09 г/кг соответственно.

Вертикальное и горизонтальное распространение загрязнения зависит не только от зональной принадлежности и типа почв, но и от микроландшафта местности. Уровни концентрации нефти и нефтепродуктов неодинаковы для почв разных природных комплексов. Закономерности профильного распределения нефти и нефтепродуктов могут зависеть от генетических свойств почв. Например, дерново-подзолистые почвы характеризуются элювиально-иллювиальным типом распределения, и разница в накоплении нефтепродуктов в элювиальных и иллювиальных горизонтах может быть: в горизонте A_2 меньше, чем в горизонте В.

Повышенные содержания нефтяных углеводородов характерны для болотных почв, которые представляют собой области естественной аккумуляции веществ, мигрирующих из окружающих ландшафтных комплексов. Органогенные горизонты почв более южных ландшафтов вмещают значительно меньше нефти и нефтепродуктов. Как показывают проведенные нами исследования, органогенные и минеральные горизонты в пределах одного почвенного профиля различаются по нефтеемкости и глубине просачивания нефти и нефтепродуктов, что подтверждается другими исследователями /198/.

Закономерности радиального (горизонтального) накопления – выноса нефти и нефтепродуктов – тесно связаны с нефтеемкостью – нефтепроницаемостью почвенной массы, а также наличием и структурой внутрипочвенных геохимических барьеров, где происходит постоянная аккумуляция

или временная задержка загрязнителей. Зависимость миграции – накопления нефти и нефтепродуктов в почвах – от уровня их влажности подтверждены экспериментально. Чем сильнее увлажнена почва, тем меньше возможность внутрипочвенного закрепления нефти и тем выше активность ее радиального и латерального перемещения.

В верхних горизонтах почв из-за значительного объема свободного порово-трещинного пространства происходит фронтальное просачивание нефти, которая почти полностью насыщается в этих горизонтах.

Роль своеобразного барьера выполняют и грунтовые воды, переводящие движение нефти и нефтепродуктов в вертикальном профиле почв в латеральный почвенно-грунтовый сток.

Наибольшей нефтеемкостью в сравнении с минеральными обладают органические почвы. Если рассматривать потенциальную емкость ландшафта по отношению к нефти, то песчаные и песчано-гравийные грунты в сравнении с глинистыми обладают более низкой нефтеемкостью, что связано с более низкой эффективной порозностью. В глинистых почвах проникновение нефти зависит от размера пор и капилляров.

Вертикальное продвижение нефти по почвенному профилю приводит к дифференциации состава нефти: в верхнем гумусовом горизонте сорбируются высокомолекулярные компоненты нефти, содержащие смолисто-асфальтеновые вещества и конденсированные гетероароматические соединения; в нижние горизонты проникают низкомолекулярные соединения, имеющие более высокую растворимость в воде и высокую диффузную способность /197, 199/.

При авариях вылившаяся нефть стекает в пониженные участки, впитывается в почву и грунт, просачивается (фильтруется) в нижние горизонты, частично испаряется. Наиболее серьезные последствия от разлива нефти будут на участках, приуроченных к водотокам, где разлив нефти может привести не только к загрязнению почв, но и к попаданию нефти в воду.

В заключение следует отметить, что исследований в этой области и научных работ по использованию материалов космической и аэрофото съемки для выявления нефтезагрязненных земель (методом дистанционного зондирования) мало. Исследования по накоплению и миграции в результате загрязнения нефтепродуктами по почвенному профилю и распространению в зависимости от микрорельефа поверхности малоизучены.

Сбор и подготовка данных осуществляется на базе отраслевых, региональных и локальных ГИС по результатам комплексного мониторинга методами и средствами ДЗ с использованием картографических, фондовых, нормативных, справочных материалов и данных наземных обследований. Наземные обследования проводили на нефтяных месторождениях с 1997 г.

Камеральная работа выполнялась в три этапа. Первый этап включал в себя разработку программного обеспечения. Второй этап: отладка и тестирование разработанного программного обеспечения по данным аэрофото-

съемки и спутниковым данным. Третий этап: опытная эксплуатация и передача заказчику.

Для выполнения экологического мониторинга нефтезагрязненных участков почв на региональном уровне наибольший интерес представляют данные аэрофотосъемки и спутниковых измерений. Спутниковая информация приобреталась исполнителем, представляет собой данные измерений спутников Ресурс-03 и Космос-1939 в трех спектральных каналах в видимом диапазоне частот и обеспечивает получение тематических карт по широкому спектру задач, начиная с М 1 : 100 000. Съемка производилась в середине февраля и в апреле.

В целом результаты проведенных некоторыми авторами исследований позволяют заключить, что комплексная автоматизированная обработка многозональных космических и спектрзональных аэрофотоснимков с использованием ГИС-анализа обеспечивает получение достаточно широкого спектра данных для инвентаризации нарушенных земель и оценки стоимости ущерба, наносимого землям нефтедобывающими предприятиями. При этом крупномасштабная спектрзональная аэросъемка позволяет:

- выявить основные последствия техногенного воздействия: нарушения почвенно-растительного покрова вблизи карьеров, поселков и промобъектов; нарушение гидрологического режима, заболачивание низин, усиление эрозионных процессов в ложбинах и на ближайших склонах; просадки и провалы грунта, глубокие эрозионные борозды и овраги; техногенные водоемы вдоль насыпных линейных сооружений;

- с высокой точностью определить границы ареалов загрязнения нефтью почвенно-растительного покрова двух-трех степеней в зависимости от состава растительности и площади загрязнений.

Многозональные космические сканерные изображения, благодаря наличию зеленого канала, позволяют более детально дешифровать классы растительности, в частности, основной породный состав лесов, болотно-тундровых растительных комплексов, выделять несколько категорий нарушенных земель по степени нарушенности растительного покрова, обнаруживать сильные нефтяные загрязнения водной поверхности. По этим результатам возможно:

- уточнять и дополнять ландшафтно-геоботанические карты по компонентному составу растительности;

- уточнять характер и степень нарушенности земель, в частности, локализацию нефтяных загрязнений.

Достоверные количественные оценки по подтоплениям, загрязнениям нефтепродуктами водоемов и некоторым видам нарушенности могут быть выполнены с привлечением других типов ДДЗ, в частности, сканерной съемки в голубом, зеленом и нескольких ИК-диапазонах.

Глава 3. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

3.1. Анализ существующих методов рекультивации нефтезагрязненных почв

Традиционные методы рекультивации, такие, как землевание, выжигание или сгребание и вывоз загрязненного слоя, в настоящее время не эффективны, так как при сжигании нефти происходит резкое понижение биопродуктивности, гибель растительности, накопление токсичных и канцерогенных веществ; при землевании – замедление процессов разложения нефти, образование внутрпочвенных потоков нефти и пластовой жидкости, загрязнение грунтовых вод. Складирование масс нефти с загрязненной почвой создает очаги вторичного загрязнения.

Существующие механические способы рекультивации земель – глубокое рыхление и фрезерование (обычно на глубину до 30–40 см), промывка высоким напором воды нефтезагрязненной болотной торфяной почвы – наряду с работой гусеничной болотоходной техники приводит к полному структурному и функциональному разрушению аэрируемого слоя торфяной залежи, где активно протекают процессы влаго- и теплообмена болот с окружающей средой.

Здесь же осуществляется процесс торфообразования и аэробное биохимическое разложение массы живого вещества. Кроме этого, здесь в естественном состоянии сконцентрирована основная масса микроорганизмов и почвенных животных, а также располагаются корневые системы растений.

Рыхление сильнообводненных слоев торфа не приводит к улучшению водно-воздушного режима торфа в верхнем слое. Временное снижение остаточного нефтесодержания происходит за счет разбавления нефти в верхнем 5–10-сантиметровом слое торфа за счет нижележащих незагрязненных торфяных слоев.

Механические и физические методы не всегда могут обеспечить полное удаление нефти и нефтепродуктов из почвы, а процесс естественного разложения загрязнения в почвах чрезвычайно длителен. Разложение нефти и нефтепродуктов в почве в естественных условиях – процесс биогеохимический, в котором главное и решающее значение имеет функциональ-

ная активность комплекса почвенных микроорганизмов, обеспечивающих полное разложение нефти и нефтепродуктов до углекислого газа и воды.

Так как углеводородокисляющие микроорганизмы являются постоянными компонентами почвенных биоценозов, естественно, возникло стремление использовать их катаболическую активность для восстановления загрязненных нефтью почв. Ускорить очистку почв от нефтяных загрязнений с помощью микроорганизмов возможно в основном двумя способами:

- активизацией метаболической активности естественной микрофлоры почв путем изменения соответствующих физико-химических условий среды, с этой целью используется хорошо известные агротехнические приемы;
- внесением в загрязненную почву специально выделенных из естественной микрофлоры активных нефтеокисляющих микроорганизмов.

3.2. Обоснование выбора способа рекультивации почв

Нефть и нефтепродукты вызывают практически полную депрессию функциональной активности флоры и фауны. Ингибируется жизнедеятельность большинства микроорганизмов, включая их ферментативную активность. Управление процессами биodeградации нефти должно быть направлено, прежде всего, на активизацию микробных сообществ, создание оптимальных условий их существования /200/. Отмечается большая неоднородность распределения нефтяных компонентов в почвах разных участков нефтепромыслов, что зависит от физических и химических свойств конкретных почв, качества и состава поступившей нефти /201/. В результате этого условия самоочищения окружающей среды от токсичных органических веществ техногенного происхождения в ландшафтных зонах и областях России различны /202/.

Попадая в почву, нефть увеличивает общее количество углерода. В составе гумуса возрастает нерастворимый остаток, что является одной из причин ухудшения плодородия.

Как показали исследования, распределение нефти в болотной почве происходит согласно профилю горизонтов. В зависимости от состава и структуры почвы, ее пористости, водопроницаемости, влагоемкости нефть как смесь нескольких тысяч химических соединений распределяется на различную глубину.

Схема распределения нефти по горизонтам почвы выглядит таким образом:

- битумозные фракции – 7 см;
- асфальтено-смолистые – 12 см;
- легкие – 24 см;
- водорастворимые – 39 см.

Большая влажность верхних слоев почвы, слабое их проветривание, кислые свойства органического вещества приводит к грибному разложению органической составляющей.

Подвижности перегноя в подзолистых почвах способствует аммоний, образующийся в почвенном растворе при разложении органических веществ в таежной почве, где ощущается нехватка воздуха. Присоединяясь к органическим кислотам, аммоний увеличивает их растворимость.

Главным окисляющим агентом в условиях земной поверхности является молекулярный кислород. Взаимодействие углеводов с кислородом сопровождается снижением уровня свободной энергии, поэтому может протекать самопроизвольно при наличии достаточного количества окисляющих агентов. Конечными продуктами реакции являются CO_2 и H_2O .

Процесс этот при низких температурах происходит чрезвычайно медленно, проходя через ряд промежуточных стадий. Один из существенных факторов ускорения процесса – активность катализаторов. Наиболее распространенные и универсальные катализаторы в почвах, воде, растениях – различные ферменты, выделяемые микроорганизмами, почвенной мезофауной, высшими растениями. В первые недели и месяцы загрязнения происходят, в основном, абиотические процессы изменения в почве. Идет частичное рассеяние, понижение концентрации, что дает возможность микроорганизмам адаптироваться, перестроить свою функциональную структуру и начать активную деятельность по окислению углеводов.

Содержание нефти в почве резко снижается в первые месяцы после загрязнения – на 40–50%. В дальнейшем это снижение идет очень медленно. Окисление углеводов до CO_2 и H_2O происходит последовательно с образованием следующих продуктов:

- кислородные соединения: спирты, органические кислоты, альдегиды, продукты превращения метановых и алифатических цепей нафтеновых и ароматических углеводов. Эти продукты легче растворяются в воде, поэтому будут легче мигрировать по почвенному профилю и выноситься из зоны окисления фильтрующимися внутрпочвенными потоками и грунтовыми водами. Кислородные соединения гораздо легче подвергаются процессам биodeградации, скорость их окисления увеличивается, часть их включается в состав почвенного гумуса;

- продукты уплотнения части окисленных циклических молекул углеводов типа смолистых веществ: нафтеново-ароматические, замещенные ароматические и нафтеновые, изоалканы (молекулы с третичным атомом углерода); соединения с гетероатомами кислорода, серы, азота частично превращаются в высокомолекулярные продукты окислительной поликонденсации сложного строения, недоступные для микробиологического разрушения. Эти продукты сначала будут фиксироваться в виде смолистых веществ, а в дальнейшем, по-видимому, перейдут в более уплотненные твердые высокомолекулярные вещества, нерастворимые в органических растворителях; они не мигрируют и надолго остаются в почвах;

- новообразованные (вторичные) незамещенные циклические углеводороды и алифатические углеводороды нормального строения.

Конечными продуктами метаболизма нефти в почвах являются:

- углекислота, которая может связываться в карбонатах, и вода;
- кислородные соединения (спирты, кислоты, альдегиды, кетоны и др.), которые частично входят в почвенный гумус, частично растворяются в воде и удаляются из почвенного профиля;
- твердые нерастворимые продукты метаболизма – результат дальнейшего уплотнения высокомолекулярных продуктов или связывания их в органо-минеральные комплексы;
- твердые корочки высокомолекулярных компонентов нефти на поверхности почвы (киры).

Состав и соотношение продуктов метаболизма зависят от состава исходной нефти (в основном) и от почвенно-климатических условий, в которых протекают процессы трансформации.

3.3. Рекультивация почв с использованием биологических препаратов

Современный микробиологический метод рекультивации, основанный на применении высокоэффективных штаммов нефтеокисляющих микроорганизмов, выделенных из загрязненных природных объектов, широко применяется в рекультивационных мероприятиях /203/. В условиях короткого сибирского лета при малой численности и недостаточной активности аборигенных комплексов микроорганизмов может быть оправдано внесение промышленных культур нефтеокисляющих микроорганизмов: Путидойл, Деварол, Биоприн, Лидер, Валенсис Универсал и др.

Важнейшим фактором, разносторонне влияющим на активность процесса разрушения углеводов в почве нефтеокисляющими микроорганизмами, являются почвенно-климатические условия /204/. Эффективная деструкция различных углеводов микроорганизмами, внесенными в почву с препаратом, возможна лишь в тех случаях, когда они найдут в почве благоприятные условия для жизнедеятельности и развития.

Очень большое значение для жизнедеятельности нефтеокисляющих микроорганизмов имеет и качественный состав нефтяного сырья, попавшего в почву, и время, прошедшее с момента загрязнения. Различные фракции нефтепродуктов по-разному влияют на микроорганизмы /200, 205/.

В отношении к микробиологическому сообществу аварийный разлив нефти может рассматриваться как внезапное обогащение среды их обитания источником углерода и энергии. В норме в окружающей среде всегда присутствуют факультативные биодеструкторы нефти. Вместе с тем, там же имеются виды, паразитирующие на деструкторах нефти, что существенно снижает скорость биодegradации нефти.

В опыте изучения процессов деструкции углеводов препаратами нефтеокисляющих микроорганизмов учитывалось влияние на эти процессы климатических условий района, которые характеризуются суровой и продолжительной зимой, коротким, но порой жарким летом и коротким весенне-осенним периодом. Весенний переход средней суточной температуры через 0°C, по многолетним наблюдениям, происходит 21 апреля – 01 мая, осенью – 11 октября – 21 октября. Продолжительность безморозного периода – от 53 до 138 дней. Сумма эффективных температур – 1300°C, колебания температур в июле – от –1 до +34°C, средняя относительная влажность воздуха – 55–60% (в 13 часов). Средняя дата первого заморозка на почве – 1 сентября. Количество осадков за теплый период (апрель–октябрь) – 350–400 мм. Снежный покров удерживается от 200 до 220 дней в году. Продолжительность вегетационного периода со средней суточной температурой ниже 15°C – 110–120 дней. От климатических условий зависит эффективность биопрепаратов, ассортимент которых периодически обновляется.

Для нейтрализации внесением в почву мела рН доводили до 6,8. В качестве биотеста, характеризующего степень рекультивации, а также возможного активного агента рекультивации, на опытные делянки в двух сериях опыта высевали пырей бескорневищный.

Углеводородокисляющие микроорганизмы (бактерии, дрожжи, грибы, актиномицеты) являются постоянными компонентами почвенных биоценозов /206/. Аборигенные комплексы нефтеокисляющих микроорганизмов особенно активны на участках, периодически подвергавшихся нефтяному загрязнению невысокой интенсивности. И тем не менее из-за крайне неблагоприятных почвенно-гидрологических и климатических условий северных районов Томской области процессы естественного самоочищения почв тормозятся многими лимитирующими факторами, протекают очень вяло и могут длиться многие десятки и даже сотни лет.

Главным лимитирующим фактором является сама нефть. При концентрациях более 20% в минеральных и более 40% (по весу) в торфяных почвах нефть является сильным консервантом, резко ухудшает кислородный режим и агрегатную структуру почв. Поэтому рекультивацию замазученных земель методом микробиологического разложения следует начинать после тщательного сбора нефти. Сбор нефти считается невыполнимым, если толщина ее пленки на водной поверхности превышает 0,5 мм, а на почве – 5 мм или содержание нефти в верхних минеральных слоях почвы превышает 20%, а в лесной подстилке и торфе – 40% от абсолютно сухого веса почвы. При рекультивации почв с использованием биопрепарата «Универсал» получены результаты, отраженные на рис 3.1, 3.2, табл. 3.1–3.3. Как видно из них, происходит снижение углеводов в почве. Наиболее заметное снижение степени замазученности почвы происходит при использовании комплекса рекультивационных мероприятий:

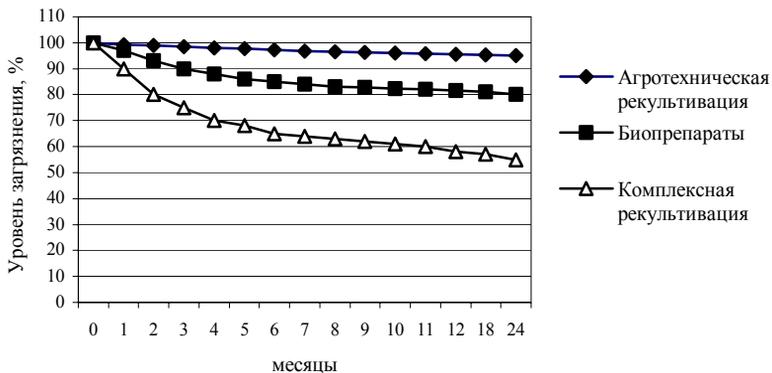


Рис. 3.1. Снижение загрязнения почвы за 2 года

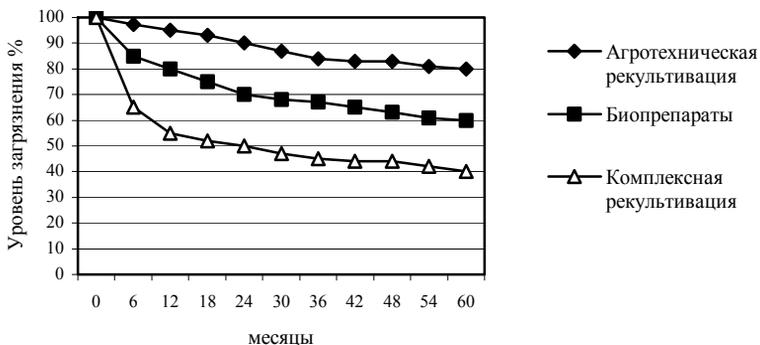


Рис. 3.2. Снижение загрязнения почвы за 5 лет

- агротехнических;
- с использованием биопрепаратов;
- комплексных.

В почвах таежных лесов выделяют три основных этапа естественной деградации нефти. Первый этап длится 1–1,5 года. Он характеризуется преимущественно абиотическими процессами, включающими распределение нефтяных углеводородов по почвенному профилю, испарение, вымывание,

Т а б л и ц а 3.1

Результаты рекультивации при различных видах работ

Виды работ	Снижение загрязнения, %	
	за 1–2 года	за 4–5 лет
Агротехнические мероприятия	5–10%	15–20%
Биопрепараты	15–20%	40%
Комплексное воздействие	45%	60–80%

Т а б л и ц а 3.2

Снижение уровня загрязнения за 2 года

Месяцы	Уровень загрязнения, %		
	Агротехническая рекультивация	Биопрепараты	Комплексная рекультивация
0	100,0	100,0	100
1	99,3	97,0	90
2	99,0	93,0	80
3	98,5	90,0	75
4	98,0	88,0	70
5	97,7	86,0	68
6	97,3	85,0	65
7	96,8	84,0	64
8	96,6	83,0	63
9	96,3	82,7	62
10	96,0	82,3	61
11	95,8	82,0	60
12	95,5	81,5	58
18	95,3	81,0	57
24	95,0	80,0	55

Таблица 3.3

Снижение уровня загрязнения за 5 лет

Месяцы	Уровень загрязнения, %		
	Агротехническая рекультивация	Биопрепараты	Комплексная рекультивация
0	100,0	100	100
6	97,3	85	65
12	95,0	80	55
18	93,0	75	52
24	90,0	70	50
30	87,0	68	47
36	84,0	67	45
42	83,0	65	44
48	83,0	63	44
54	81,0	61	42
60	80,0	60	40

фотохимическое разложение. Концентрация нефти в почве резко снижается в первые месяцы после загрязнения на 40–50%. На первом этапе большую роль играют приемы механического воздействия на почвы, улучшающие аэрацию: рыхление, вспашка, дискование. Это приводит к увеличению проникновения в почвы кислорода, улучшению их физических свойств, способствует рассолению и активизации фотохимических процессов. В результате таких мелиораций стимулируется развитие нефтеокисляющей микрофлоры, которая является пионером биодеградации нефтяных углеводов.

Непременное условие перехода к микробиологическому этапу деградации нефти – снижение концентрации нефти в почве: 20% в подзолисто-глеевых, до 40% – в торфяных почвах. Если это не произошло естественным путем, на первом этапе могут потребоваться следующие дополнительные мероприятия, выбираемые в зависимости от уровня загрязнения: перемешивание верхних замазученных слоев почвы с нижними, менее загрязненными горизонтами; внесение торфа как адсорбента подвижной нефти и как средства, интенсифицирующего биодеградацию углеводов; срезка и удаление верхнего битуминизированного слоя почвы.

При слабом загрязнении и небольшой глубине замазучивания почвы достаточно профрезеровать или продисковать на двойную глубину проник-

новения нефти /207/. Если концентрация нефтепродуктов в верхних слоях высока и после фрезерования будет ингибировать деятельность микрофлоры, для подзолистых почв эффективно смешивание загрязненного слоя с хорошо проветренным и предварительно известкованным торфом.

Такое разбавление позволяет снизить токсичность загрязненного грунта и внести вместе с чистой почвой активную микрофлору, способную разлагать углеводороды. Биологическая активность торфа объясняется высоким содержанием аборигенных форм углеводород-окисляющих микроорганизмов, численность которых на порядок выше по сравнению с минеральными почвами. Кроме того, микрофлора торфяников, развивающихся в условиях полуразложившейся органики, обладает более сильной деструктивной функцией.

Об эффективности снижения фитотоксичности загрязненных нефтью песчаных почв добавлением торфа можно судить по следующему опыту. Внесение в песок 0,5–1,0% сырой нефти приостановило развитие 75–80% проростков сосны в лабораторных условиях и снизило всхожесть семян на 85–95% по сравнению с контролем в полевом опыте. На торфо-песчаном субстрате (1 : 1 по весу) даже в варианте с содержанием нефти 2% сохранность всходов составила 97% от контрольных посевов.

Снижение концентрации нефтепродуктов в торфяных почвах методом перемешивания верхних замазученных слоев с нижними, менее загрязненными горизонтами экологически оправданно только на слабо- и среднезагрязненных участках /208/. Глубина фрезерования лимитируется как техническими возможностями современных машин, так и экологическими соображениями. Перемещение нефтепродукта в нижние, слабо аэрируемые горизонты может резко снизить скорость его биодеградации. Поэтому максимальная глубина фрезерования торфяных почв составляет около 30 см. Такая обработка может снизить концентрацию нефти до десятипроцентного уровня на участках, где содержание нефти не превышает 2,5 кг/м². При количестве нефти 5 кг/м² средняя концентрация ее в торфе составит 20%, а при 10 кг/м² – 40%.

При более сильном загрязнении необходимо предварительно снять верхний битуминизированный слой, провести доочистку почвы от нефти физико-химическими методами или изыскать иные способы агротехнической обработки торфяников. Завозить торф на болота экономически и экологически неоправданно.

Второй этап начинается переходом к микробиологическому разложению нефти и характеризуется биохимическими изменениями всех групп углеводов нефти под воздействием почвенных микроорганизмов. Количество углеводородокисляющих бактерий – гетеротрофов – увеличивается в десятки раз.

В результате снижается содержание метано-нафтеновых фракций нефти, наиболее токсичных ее компонентов. Для обеспечения жизнедеятель-

ности нефтеокисляющих микроорганизмов и растений-мелиорантов при первичной и последующих обработках почвы вносятся простые или комплексные минеральные удобрения. В зависимости от типа почв рекомендуются в расчете на действующее вещество следующие дозы элементов питания: азот – 30–140 кг/га, фосфор – 30–60 кг/га, калий – 40–120 кг/га. Предпочтительнее использовать аммонийные формы азота.

Начало третьего этапа определяется по исчезновению в остаточной нефти исходных и парафиновых углеводородов и характеризуется переходом от активных мер интенсификации биодegradации нефти к фитомелиорации. С химической точки зрения окисление нефти заканчивается не раньше, чем через 25 лет. С экологических позиций токсические свойства нефти исчезают через 10–12 лет после проведения рекультивационных работ, продукты ее метаболизма включаются в почвенный гумус, частично растворяются и удаляются из почвенного профиля.

Травянистые растения улучшают структуру, увеличивают воздухопроницаемость почв. Они поглощают мутагенные, канцерогенные и другие биологически опасные продукты распада нефти, препятствуют вымыванию из рекультивируемого слоя почвы элементов минерального питания. Корневые выделения и продукты разложения трав способствуют развитию многовидовой почвенной биоты.

3.4. Фиторекультивация

При подборе растений и расчете количества семян, необходимых для высева при фитомелиорации нефтезагрязненных земель необходимо учитывать устойчивость видов и сортов к нефти и приспособленность к местным почвенно-климатическим условиям. Примерный перечень рекомендуемых видов приведен в табл. 3.4 /209–211/.

Нормы высева семян при стопроцентной хозяйственной годности, указанные в табл. 3.4, пересчитываются на норму фактической хозяйственной годности употребляемых семян по формуле:

$$H = a \times 100/b,$$

где a – норма высева семян при стопроцентной хозяйственной годности; b – % хозяйственной годности употребляемых семян; H – искомая норма высева употребляемых семян (кг/га).

Одним из основных условий повышения полевой всхожести семян является выбор оптимальных сроков посева. Злаковые травы при посеве в летне-осенние сроки дают дружные всходы и успевают укорениться до ухода

Таблица 3.4

Характеристика некоторых видов многолетних трав, рекомендуемых для фитомелиорации нефтезагрязненных земель в Среднем Приобье

Виды трав	Высота побегов, см	Реакция на увлажнение	Устойчивость к нефти	Норма посева, кг/га
Тимофеевка луговая	30–100	+++	++	35
Овсяница луговая	60–120	++	++	45
Овсяница красная	40–100	+	++	40
Мятлик луговой	20–100	++	++	35
Лисохвост луговой	5–120	+++	++	40
Ежа сборная	60–150	++	+	45
Костер безостый	30–110	++	++	45
Пырей сизый	20–100	++	++	40
Пырей бескорневищный	20–100	+	+++	40
Волоснец сибирский	30–100	++	++	45
Регнерия волокнистая	80–120	++	++	40
Житняк гребенчатый	20–80	++	++	30
Райграс высокий	90–120	++	++	46
Люцерна синяя	30–80	++	++	30
Эспарцет песчаный	30–90	+++	++	120
Донник желтый	30–150	++	++	40
Клевер белый	5–40	++	+	50
Клевер луговой	15–50	++	+	30

Примечание: Реакция на увлажнение: «+» – мирится с недостаточным увлажнением; «++» – свойствен средней степени увлажнения; «+++» – хорошо отзывается на повышенную влажность почвы. Устойчивость к нефти: «+» – условно устойчив; «++» – достаточно устойчив; «+++» – устойчив.

в зимовку. Культурные бобовые травы лучше приспособлены к весенним срокам посева. При высеве бобовых в летне-осенние сроки нормы их посева повышаются на 10–15%. Многолетние травы отличаются друг от друга по величине и форме семян. Посев мелкосеменных трав по весновспашке не обеспечивает получение дружных равномерных всходов, так как легкие почвы при весновспашке сильно иссушаются, а тяжелые образуют

глубистую поверхность. Крупносеменные виды требуют при посеве на минеральных почвах заделки на глубину 2–4 см (костер безостый), мелкосеменные – 0,5–1,0 см (timoфеевка луговая). На торфяных почвах лучшая глубина заделки для большинства трав 1–2 см. Превышение глубины заделки, так же, как и отсутствие ее, резко снижает густоту всходов.

Высев семян трав на нефтезагрязненных участках способствует как предотвращению эрозионных процессов механического состава, так и глубокому расщеплению остаточной нефти за счет стимуляции микроорганизмов прикорневой системы. Производится после снижения концентрации в почве до нижних пределов фитотоксичности, соответствующих, по общепринятой классификации, уровню низкой степени загрязненности (до 10% нефти в торфе и 2% в минеральных грунтах).

В случае самопроизвольного зарастания рекультивируемого участка дикорастущими травами высев семян не производится. В качестве мелиорантов были выбраны: пырей бескорневищный, timoфеевка луговая и клевер луговой. Семена были посеяны в мае 2002 г. на выбранных трех контрольных площадках: I – подъездные пути к скважине, II – консервация скважины, III – порыв нефтепровода /205/. Для количественной характеристики эффективности выбранных мелиорантов были рассчитаны показатели проективного покрытия растениями поверхности почвы.

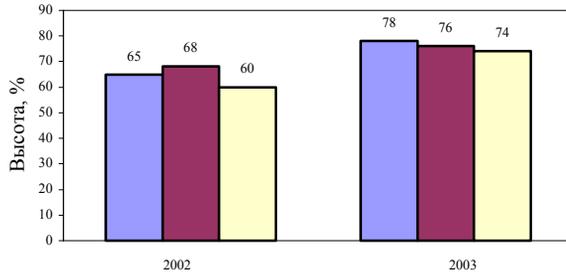
На первом, слабозагрязненном участке было проведено только механическое воздействие на рекультивируемую почву. Наибольший коэффициент покрытия территории на второй год показал пырей бескорневищный – 95–98%. На втором, среднезагрязненном участке были проведены агротехнические приемы (способ механического и химического воздействия на верхний, наиболее загрязненный горизонт почвенного профиля на свежих разливах с целью снижения концентрации солей до уровня, допустимого для поселения растений).

Наибольший коэффициент покрытия на второй вегетационный год достигает 90–95%. В отличие от первых двух площадок, на площадке с сильно загрязненной почвой, несмотря на то, что там применены механический и биологический методы, коэффициент покрытия растений достигает 52–60%. На контрольных площадках было оценено состояние травяного покрова. Результаты исследований приведены в виде диаграммы (рис. 3.3).

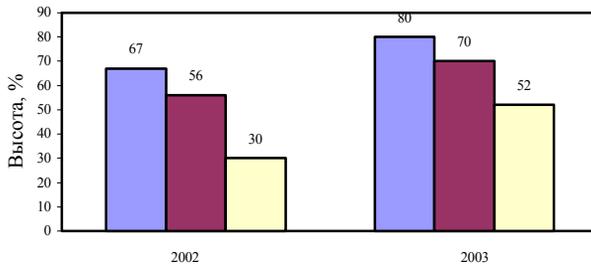
По диаграмме видно, что высота травостоя выбранных мелиорантов для первой, второй и третьей площадок изменяется 78%, 80%, 76% – для пырея бескорневищного, 76%, 70%, 67% – для timoфеевки луговой, 74%, 52%, 40% – для клевера лугового.

Таким образом, применение в качестве мелиоранта клевера лугового экономически не выгодно. При выборе мелиорантов предпочтение отдается timoфеевке луговой и пырею бескорневищному.

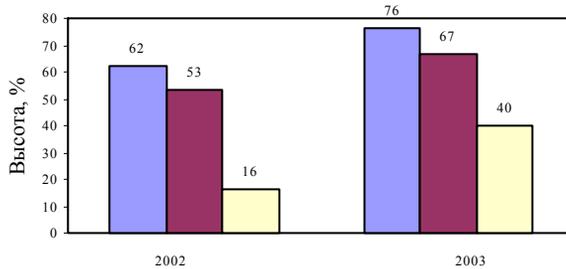
Участок I



Участок II



Участок III



Пырей бескорневищный; Тимофеевка луговая; Клевер луговой

Рис. 3.3. Оценка состояния травяной растительности

3.5. Рекомендации по рекультивации нефтезагрязненных почв

Для оптимизации процесса биодegradации нефти необходимо решить следующие вопросы:

1. Способ должен быть экологически чистым.
2. Для обеспечения физиологического баланса, кроме имеющегося источника углерода и энергии, необходима добавка источников азота, фосфора, калия, магния.
3. Необходимо обеспечить аэрацию, так как разложение нефти наиболее эффективно в аэробных условиях.
4. Обеспечить численное преимущество для биодеструкторов и защитить их от паразитирующих видов.
5. Создать оптимальную концентрацию нефти.
6. Обеспечить необходимый уровень pH и влажности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гриценко, А.И. Экология. Нефть и газ / А.И. Гриценко, Г.С. Аكوпова, В.М. Максимов. – М.: Наука, 1997. – 598 с.
2. Основные концептуальные положения развития нефтегазового комплекса // Нефтегазовая вертикаль: спец. вып. – 2000. – № 1(39). – 113 с.
3. Слово и дело: Охранять природу пытаются все, но каждый по-своему / А.М. Сомов // Нефтегазовая вертикаль. – 1998. – № 2. – С. 77–81.
4. Мазлова, А.А. Экологические решения в нефтегазовом комплексе / А.А. Мазлова, Л.Б. Шагарова. – М.: Техника, ООО «ТУМА ГРУПП», 2001. – 112 с.
5. Временные рекомендации по принятию и реализации решений о размещении, проектированию и строительству объектов нефтяной и газовой промышленности. – М.: Мин-во топлива и энергетики РФ, 1997. – 92 с.
6. Рекомендации по экологическому сопровождению инвестиционно-строительных проектов. – М.: Госстрой России, ГП «ЦЕНТИНВЕСТпроект», 1998. – 40 с.
7. Закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» в редакции 2002 года, от 10.01.2002 г., № 7-ФЗ, ст. 35.
8. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. – М.: ПНИИС Госстроя России, 1997. – 41 с.
9. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология (с изменениями от 24.12.02). – Взамен СНиП 2.01.01-82; введ. 2000–01–01. – М.: Госстрой России, 2003.
10. ГОСТ 17.1.2.04-77. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. – Введ. 1977–06–27. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 20 с.
11. Почвенная карта Томской области, масштаб 1 : 1000000. ЗапСибгипрозем, Томский филиал. – М.: ГУГК СССР, 1989.
12. Шумилова, Л.В. Ботанико-географическое районирование Томской области / Л.В. Шумилова // Вопросы географии. – 1978. – С. 114–119.
13. Положение о водоохранных зонах водных объектов и их прибрежных защитных полосах. Утв. постановлением Правительства РФ от 23.11.96 № 1404.
14. Принципы построения обзорной региональной геоинформационной системы для анализа экологической ситуации в Тюменской области / А.В. Абрамова, В.В. Козин, Д.В. Московченко, А.А. Тигеев // «Геоинформатика-2000»: Тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Томск, 2000. – С. 177–184.
15. Королев, Ю.К. Как подойти к обработке снимков? / Ю.К. Королев // ARCREVIEW. – 1999. – № 4. – С. 2–3.
16. Программное обеспечение для обработки данных дистанционного зондирования / Ю.А. Баранов, Ю.К. Королев, С.А. Миллер // Первый Всероссийский учебно-презентационный семинар «Геоинформатика в нефтегазовой отрасли» (Москва, 13–17 апреля 1998 г.). – Москва, 1998. – С. 38–46.

17. Геоинформационное моделирование в ГИС при обработке данных дистанционного зондирования / И.Г. Журкин, В.Я. Цветков // Исследование Земли из космоса. – 1998. – № 6. – С. 40–51.
18. Интеграция технологий ГИС и систем обработки данных дистанционного зондирования Земли / В.П. Савиных, В.Я. Цветков // Исследование Земли из космоса. – 2000. – № 2. – С. 83–86.
19. Киенко, Ю.П. Структура космической съемки изучения природных ресурсов Земли / Ю.П. Киенко // Исследование Земли из космоса. – 1980. – № 2. – С. 76–83.
20. Киенко, Ю.П. Дистанционное зондирование Земли из космоса и тематическое картографирование в СССР. Межрегион. курсы ООН по темат. картографир., М.-Душанбе, 5 сент. – 7 окт. 1983 г.: Лекция / Ю.П. Киенко. – М., 1983. – 27 с.
21. Киселев, В.В. Межотраслевая обработка космической информации. Межрегион. курсы ООН по темат. картографир., М.-Душанбе, 5 сент. – 7 окт. 1983 г.: Лекция / В.В. Киселев. – М., 1983. – 14 с.
22. Викторов, С.В. Краткое руководство по геоботаническим съемкам / С.В. Викторов, Е.А. Востокова, Д.Д. Вышивкин. – М.: МГУ, 1959. – 168 с.
23. Виноградов, Б.В. Космические методы изучения природной среды / Б.В. Виноградов. – М.: Мысль, 1976. – 289 с.
24. Калашников, Е.Н. Основы ландшафтно-статистического метода лесоинвентаризации / Е.Н. Калашников, Д.М. Киреев. – Новосибирск: Наука, 1978. – 144 с.
25. Киреев, Д.М. Опыт дешифрирования по аэроснимкам типов леса / Д.М. Киреев. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 38–57.
26. Киреев, Д.М. Вопросы методики лесного дешифрирования аэроснимков / Д.М. Киреев // Доклады комиссии аэрофотосъемки и фотограмметрии. – Л., 1967. – С. 17–28.
27. Киреев, Д.М. Ландшафтный метод дешифрирования лесов по аэроснимкам / Д.М. Киреев. – Новосибирск: Наука, 1977. – 219 с.
28. Киреев, Д.М. Методы изучения лесов по аэроснимкам / Д.М. Киреев. – Новосибирск: Наука, 1977. – 219 с.
29. Киреев, Д.М. Ландшафтно-морфологический подход при изучении лесов по дистанционным снимкам / Д.М. Киреев // Аэрокосмические методы исследования лесов. – Красноярск, 1984. – С. 39–42.
30. Смирнов, Л.Е. Аэрокосмические методы географических исследований / Л.Е. Смирнов. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1975. – 303 с.
31. Столяров, Д.П. Тематическое картографирование лесов по материалам аэрокосмических фотосъемок / Д.П. Столяров, В.Н. Минаев // Аэрокосмические методы исследования лесов. – Красноярск, 1984. – С. 36–38.
32. Аэрокосмический мониторинг лесоболотных экосистем при их хозяйственном освоении / В.К. Константинов, В.Н. Кирюшкин, В.И. Березин // Там же. – С. 33–35.
33. Космическая система данных о Земле (КОСДАН). Системный проект. – М.: Космическое агентство, 1992.
34. Кравцова, В.И. Методы дешифрирования лесов по многозональным сканерным снимкам / В.И. Кравцова, А.К. Уварова // Аэрокосмические методы исследования лесов. – Красноярск, 1984. – С. 30–32.
35. Первунин, В.А. Картографирование лесотипологической структуры по космоаэроснимкам / В.А. Первунин // Там же. – С. 43–44.

36. Evolution of equatorial vegetation communities mapped using Thematic Mapper images through a geographical information system (Guinea, Equatorial Africa) / A. Riaza, M.L. Martinez-Torres, R. Ramon-Luch et al. // *Int. J. Remote Sens.* – 1998. – Vol. 19, N 1. – P. 43–54.
37. Дистанционное зондирование. Количественный подход / Ред. Ф. Свейна, Ш. Дейвис. – М.: Недра, 1983. – 415 с.
38. Книжников, Ю.Ф. Основы аэрокосмических методов в географических исследованиях / Ю.Ф. Книжников. – М.: МГУ, 1980. – 137 с.
39. Космические методы изучения среды. Автоматизированный аэрокосмический практикум / Ред. А.П. Капицы, Ю.Ф. Книжникова. – М.: МГУ, 1990. – 144 с.
40. Campbell, J.B. *Introduction to Remote Sensing*, 2nd Ed / J.B. Campbell. – N.Y.: Guilford Press, 1996. – 622 p.
41. Jensen, J.R. *Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective*, 2nd Ed / J.R. Jensen. – N.Y.: Prentice Hall, 1996. – 318 p.
42. *ERDAS Field Guide*, 5nd Ed. ERDAS Inc., Atlanta, Georgia, 1999. – 672 p.
43. Schowengerdt, R.A. *Remote Sensing. Models and Methods for Image Processing* / R.A. Schowengerdt. – San Diego: Academic Press, 1997. – 522 p.
44. Королев, Ю.К. Современный рынок данных дистанционного зондирования / Ю.К. Королев, Ю.Б. Баранов // Первый Всероссийский учебно-презентационный семинар «Геоинформатика в нефтегазовой отрасли» (Москва, 13–17 апреля 1998 г.). – М., 1998. – С. 31–38.
45. Кравцова, В.И. Космические методы картографирования / В.И. Кравцова. – М.: МГУ, 1995. – 240 с.
46. Виноградов, Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем / Б.В. Виноградов. – М.: Наука, 1984. – 320 с.
47. Лурье, И.К. Теория и практика цифровой обработки изображений. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / И.К. Лурье, А.Г. Косиков. – М.: Научный мир, 2003. – 168 с.
48. Востокова, Е.А. Экологическое картографирование на основе космической информации / Е.А. Востокова, В.А. Сущенко, Л.А. Шевченко. – М.: Недра, 1988. – 223 с.
49. Лабутина, И.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков: учеб. пособие для студентов вузов / И.А. Лабутина. – М.: Аспект Пресс, 2004. – 184 с.
50. Кринов, Е.Л. Спектральная отражательная способность природных образований / Е.Л. Кринов. – М.-Л., 1947. – 272 с.
51. Lowe, D.S. Optical sensors. In: *Principles and applications to earth resources survey* / D.S. Lowe. – Paris: CNES and Univ. of Michigan, 1969. – P. 73–136.
52. Цветовой синтез космических снимков для разделения открытых почв лесостепной зоны / В.И. Кравцова, В.А. Пиотровский // *Геоинформатика-2004*. – 2004. – № 3. – С. 7–13.
53. Doerffer, R. Untersuchungen uber die Verteilung oberflachennaher Substanzen im Elbe-Astuar mit Hilfe von Fernmesverfahren / R. Doerffer // *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 43 (Elbe-Astuar 4) (2/3). – Hamburg, 1979. – S. 119–224.
54. Поцелуев, А.А. Дистанционные методы исследования окружающей среды: учеб. пособие для вузов / А.А. Поцелуев, В.В. Архангельский. – Томск: STT, 2001. – 184 с.
55. *Remote Sensing Tutorial Cover Page*, NASA, 2002 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rst.gsfc.nasa.gov/Front/tofc.html>

56. Texture Characterization via Sub-Band Predictive Models / S. Stan, M. Datcu // *Proc. IEEE 1999 International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Hamburg, Germany, 28 June – 2 July 1999.* – Hamburg, 1999. – P. 119–224.
57. Определение возможностей космического мониторинга необследованных территорий на основе сканерной информации высокого и среднего разрешения / Г.Г. Андреев, В.И. Кравцова, В.И. Михайлов, Л.Н. Чабан // *Исследования Земли из космоса.* – 1996. – № 3. – С. 57–67.
58. Методические рекомендации по созданию комплексных экологических карт на основе космической фотоинформации. – М.: ЦНИИГАиК, 1995. – 92 с.
59. Востокова, Е.А. Картографическое обеспечение охраны окружающей среды. Межрегион. курсы ООН по темат. картографир., М.-Душанбе, 5 сент. – 7 окт. 1983 г.: Лекция / Е.А. Востокова. – М., 1983. – 21 с.
60. Космическая картография: опыт разработки и создания региональных серий карт национальных ресурсов в государственном центре «Природа». Методы. Технология. Использование / Ю.П. Киенко, Ю.Г. Кельнер, В.А. Сушеня // *17th Int. Cartogr. Conf. And 10th Gen. Assembly ICA, Barcelona, Sept. 3rd–9th, 1995. Proc.* – Barcelona, 1995. – Vol. 1. – P. 840–848.
61. Региональная серия тематических карт для создания информационной системы по природопользованию и экологии / В.А. Сушеня // *Ibid.* – P. 836–839.
62. Комплексное картографирование для создания региональной ГИС по космическим данным / В.А. Сушеня, Т.В. Семакова // *Ibid.* – P. 831–835.
63. Гусев, И.И. Лесоустройство в СССР / И.И. Гусев, С.Г. Сеницын, В.И. Сухих, Н.И. Букин. – М.: Лесн. пром-ть, 1981. – 328 с.
64. Оценка параметров почвенно-растительного покрова по многоспектральным спутниковым данным / К.Я. Кондратьев, Н.М. Вандышева, В.В. Козодеров, В.С. Косолапов // *Исследование Земли из космоса.* – 1992. – № 3. – С. 88–95.
65. Analyses of Satellite and High-Altitude Aircraft Data for the KUREX-91 Biospheric Reserve and Agricultural Areas / N.M. Vandysheva, S.V. Filonov, V.V. Kozoderov // *Remote Sensing reviews.* – Harwood: Harwood Academic Publishers, 1998. – P. 179–206.
66. Альтер, С.П. Ландшафтный метод дешифрирования аэроснимков / С.П. Альтер. – М.-Л.: Наука, 1966. – 88 с.
67. Морфологическая структура географического ландшафта / Г.В. Анненская, А.А. Видина, Н.А. Солнцев и др. – М.: МГУ, 1962. – 52 с.
68. Арманд, Д.Л. Наука о ландшафте. Основы теории и логико-математические методы / Д.Л. Арманд. – М.: Мысль, 1975. – 287 с.
69. Исследование ландшафтной основы при изучении лесных недревесных ресурсов по космоаэроснимкам / В.Л. Сергеева // *Аэрокосмические методы исследования лесов.* – Красноярск, 1984. – С. 27–29.
70. Сибирякова, М.Д. Типы лесорастительных районов / М.Д. Сибирякова. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 123 с.
71. Применение ГИС в вопросах установления водоохраных зон поверхностных водных объектов и их прибрежных защитных полос нефтяных и газовых месторождений / Ю.П. Мыльников // *Материалы II Конференции молодых специалистов нефтяной и геологоразведочной отраслей Ханты-Мансийского автономного округа (г. Нижневартовск, 24–26 октября 2001 г.).* – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2001. – С. 327–332.

72. Дешифрирование космической информации для целей картографического обеспечения охраны окружающей среды (практическое руководство): Проект / Гл. упр. геодезии и картографии при Сов. Мин. СССР. – М., 1982. – 123 с.
73. Лютый, А.А. Аэрокосмическая информация в изучении и картографировании социально-экономических территориальных систем / А.А. Лютый, Н.Н. Малахова; АН СССР. Ин-т географии. – М., 1987. – 108 с.
74. Амелин, А.В. Информация для картографического обеспечения мероприятий по охране окружающей среды / А.В. Амелин, Т.В. Амелина, Е.А. Востокова и др.; Гл. упр. геодезии и картографии при Сов. Мин. СССР. – М., 1988. – 120 с.
75. Седых, В.Н. Аэрокосмический мониторинг лесного покрова / В.Н. Седых. – Новосибирск: Наука. Сиб.отд-ние, 1991. – 239 с.
76. Геометрия структур земной поверхности. – Пушино: Пушкинский НЦ РАН, 1991. – 200 с.
77. Ласточкин, А.Н. Рельеф земной поверхности / А.Н. Ласточкин. – Л.: Недра, 1991. – 339 с.
78. Экологическая картография / С.В. Чистов, И.В. Флоренский // Экология России. – 1997. – Вып. 2. – С. 17–24.
79. Landsurface in gravity points classification by complete system of curvatures / P.A. Shary // *Mathematical Geology*. – 1995. – Vol. 25, N 3. – P. 373–390.
80. Гендрин, А.Г. Использование геоинформационных технологий для разработки и реализации программ экологического мониторинга природной среды на нефтегазовых месторождениях / А.Г. Гендрин, М.И. Таранюк, Ю.П. Мыльников и др. // *Химия нефти и газа: материалы V междунар. конф. (Томск, 22–26 сентября 2003 г.)*. – Томск: Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2003. – С. 557–560.
81. Полевая геоботаника / Под ред. А.А. Корчагина, Е.М. Лавренко, В.М. Поняtkовой. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1964. – Т. 3. – 530 с.
82. Полевая геоботаника / Под ред. А.А. Корчагина, Е.М. Лавренко, В.М. Поняtkовой. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1972. – Т. 4. – 336 с.
83. Миркин, Б.М. Толковый словарь современной фитоценологии / Б.М. Миркин, Г.С. Розенберг. – М.: Наука, 1983. – 133 с.
84. ПНИИИС Госстроя СССР. Рекомендации по производству инженерно-геологической рекогносцировки. – М.: Стройиздат, 1974. – 16 с.
85. Перечень методик измерения концентраций загрязняющих веществ в выбросах промышленных предприятий, допущенных к применению. Минприроды России. – 2002.
86. РД 39-0147098-017-90. Положение по контролю за выбросами загрязняющих веществ в атмосферу на объектах предприятий Миннефтегазпрома СССР. – Миннефтегазпром СССР, ВостНИИТБ, Уфа.
87. ОНД-90. Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы. Ч. 1. СПб.: ВНИИприроды Минприроды СССР, 1992. – 98 с.
88. ОНД-90. Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы. Ч. 1, 2. СПб.: ВНИИприроды Минприроды СССР, 1992. – 102 с.
89. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. – СПб.: НИИ Атмосфера, 2002. – 127 с.
90. Выржиковский, В.К. Экспедиционные гидрологические исследования / В.К. Выржиковский, А.В. Плащев, В.А. Чекмарев. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 280 с.

91. Лучшева, А.А. Основы гидравлики и гидрометрии / А.А. Лучшева. – Л.: Недра, 1989. – 174 с.
92. ГОСТ 17.1.5.04-81. Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки хранения проб природных вод. Общие технические условия (с изменениями № 1). – Введ. 1981–12–30. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 6 с.
93. ГОСТ 17.1.5.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. – Введ. 1986–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 15 с.
94. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. – Введ. 2000–04–21. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000. – 35 с.
95. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. – Введ. 1983–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 12 с.
96. Макет проекта водоохранной зоны водного объекта и его прибрежной защитной полосы. – М., 1998. – 44 с.
97. Временные методические указания по гидробиологическому анализу малых рек. – М.: Наука, 1994. – 106 с.
98. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / Под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. – М.: Наука, 1975. – 240 с.
99. ГОСТ 17.1.5.01-80*. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. – Введ. 1981–03–18. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 5 с.
100. Полевая геоботаника / Под общ. ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1959. – Т. 1. – С. 57–59.
101. Шумилова, Л.В. Ботаническая география Сибири / Л.В. Шумилова. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1962. – 440 с.
102. Вылцан, Н.Ф. Определитель растений Томской области / Н.Ф. Вылцан. – Томск: ТГУ, 1994. – 300 с.
103. Мульдьяров, Е.Я. Определитель листостебельных мхов Томской области / Е.Я. Мульдьяров. – Томск: ТГУ, 1990. – 86 с.
104. Общесоюзная инструкция по почвенному обследованию. – М.: Колос. – 1973. – 52 с.
105. Тюрин, И.В. Почвенная съемка: руководство по полевым исследованиям и картированию почв / И.В. Тюрин, И.П. Герасимов. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 348 с.
106. Дюкарев, А.Г. Методические рекомендации по морфологическому описанию почв / А.Г. Дюкарев, Н.Н. Пологова, Л.Н. Герасько. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 1999. – 40 с.
107. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. – Введ. 1984–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 4 с.
108. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – Введ. 1986–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 11 с.
109. Классификация и диагностика почв Западной Сибири: Инструктивные материалы для картографирования почв. – Новосибирск: ЗАПСИБГИПРОЗЕМ, 1979. – 47 с.
110. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 223 с.

111. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель (Письмо Роскомзема от 27.03.95 № 3-15/582) // Государственный контроль за использованием и охраной земель: Нормативные материалы. – М.: РУССЛИТ, 1996. – Вып. 3. – С. 293–331.
112. ГОСТ 17.4.2.01-81*. Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния (с изменениями № 1). – Введ. 1982–08–01. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 4 с.
113. ГОСТ 17.4.3.04-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения. – Введ. 1986–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 2 с.
114. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. – Введ. 1985–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 4 с.
115. РД 39-0147098-015-90. Инструкция по контролю за состоянием почв на объектах предприятий Миннефтегазпрома. – Уфа: ВостНИИТБ, 1989. – 67 с.
116. РД 52.18.575-96. Методические указания. Определение валового содержания нефтепродуктов в пробах почвы методом инфракрасной спектроскопии. Методика выполнения измерений. – М., 1996 – 24 с.
117. Правила охраны почв в Санкт-Петербурге: Региональный норматив. – СПб., 1987. – 22 с.
118. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. – Введ. 1990–04–01. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 8 с.
119. ГОСТ 17.4.3.03-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ. – Введ. 1987–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 2 с.
120. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1961. – 490 с.
121. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 645 с.
122. СП 2.6.1.758-99. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). – М.: Минздрав России, 1999. – 67 с.
123. СП 2.6.1.799-99. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Основные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 27.12.1999 N б/н.
124. Методика выполнения дозиметрического контроля объектов управляемых обществ. МВК № 46090.3М 646 № 11-с06-02 / ЗАО «ЮКОС ЭП». Введено в действие с 05.04.2004 г. Указание от 05.04.2004 г. № 403-25-У. – М., 2004. – 24 с.
125. Руководство по обеспечению радиационной безопасности при проведении работ по добыче, подготовке и транспортировке нефти и газа / ЗАО «ЮКОС ЭП». Введено в действие с 05.04.2004 г. Указание от 05.04.2004 г. № 403-25-У. – М., 2004. – 120 с.
126. Мануйлова, Е.Ф. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР / У.Ф. Мануйлова. – М.-Л., 1964. – 317 с.
127. Рылов, В.М. Фауна СССР. Ракообразные. Суслороида пресных вод / В.М. Рылов. – М.-Л., 1948. – Т. III, вып. 3. – 380 с.
128. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 511 с.
129. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. – Л., 1984. – 33 с.

130. Кутикова, Л.А. Коловратки фауны СССР / Л.А. Кутикова. – Л.: Наука, 1970. – 744 с.
131. Смирнов, Н.Н. Фауна СССР. Ракообразные. Chydoridae фауны мира / Н.Н. Смирнов. – Л.: Наука, 1971. – Т. 1, вып. 2. – 531 с.
132. Косова, А.А. Вычисленные веса некоторых форм зоопланктона низовьев дельты Волги / А.А. Косова // Тр. Астраханского заповедника. – Астрахань, 1961. – Т. 5. – 531 с.
133. Дзюбан, Н.А. Зоопланктон как показатель загрязнения водохранилищ / Н.А. Дзюбан, С.П. Кузнецова // Гидробиол. журн. – 1978. – Т. 14, вып. 6. – С. 42–47.
134. Макрушин, А.В. Биологический анализ качества вод / А.В. Макрушин. – Л., 1974. – 60 с.
135. Хэллауэл, Л.М. Сравнительный обзор методов анализа данных в биологическом надзоре. Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям / Л.М. Хэллауэл. – Л., 1977. – С. 108–123.
136. Одум, Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
137. Рузанова, А.И. Сравнительная оценка методов биоиндикации загрязнения водоемов по донным сообществам / А.И. Рузанова // Чтения памяти Ю.А. Львова. – Томск, 1995. – С. 225–229.
138. Пуговкин, М.М. Геоэкологическое картирование состояния природной среды в рамках комплексного подхода по обоснованию хозяйственной деятельности в проектах ОВОС / М.М. Пуговкин, Г.Г. Румянцева, Г.А. Надоховская // Зеленая книга России: Материалы 2-го междунар. науч.-практ. конгр. Программа и тезисы докладов. – М., 1994. – Ч. 4. – С. 93.
139. Природопользование на северо-западе Сибири: опыт решения проблем / Под ред. проф. В.В. Козина и проф. В.А. Осипова. – Тюмень: ТюмГУ, 1996. – 168 с.
140. Илькун, Г.М. Загрязнители атмосферы и растения / Г.М. Илькун. – Киев: Наукова думка, 1978. – 246 с.
141. Черепанов, С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С.К. Черепанов. – СПб., 1995. – 990 с.
142. Абрамов, И.И. Определитель листостебельных мхов Карелии / И.И. Абрамов, Л.А. Волкова // Бриологический журнал. – М., 1998. – Т. 7, прил. 1. – 390 с.
143. Бардунов, Л.В. Определитель листостебельных мхов Центральной Сибири / Л.В. Бардунов. – Л.: Наука, 1969. – 330 с.
144. Флора Сибири: в 14 т. / АН СССР. Сиб. отд-ние. Центр. сиб. ботан. сад. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1987–2003.
145. Александрова, В.Д. Классификация растительности / В.Д. Александрова. – Л.: Наука, 1969. – 274 с.
146. Сукачев, В.Н. Основы лесной биогеоценологии / В.Н. Сукачев. – М., 1964. – 566 с.
147. ГОСТ 27784-88. Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв. – Введ. 1988–07–25. – М.: Изд-во стандартов, 1988 – 6 с.
148. ГОСТ 17.1.4.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к методам определения нефтепродуктов в природных и сточных водах. – Введ. 1983–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 3 с.
149. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества почв. – Введ. 1986–11–03. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 3 с.

150. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки. – Введ. 1985–02–08. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 7 с.
151. ПНД Ф 16.1.8-98. Методика измерений массовых концентраций ионов NO_2^- , NO_3^- , Cl^- , F^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} в пробах почв (в водорастворимой форме) методом ионной хроматографии. – М., 1998. – 18 с.
152. ГОСТ 27821-88. Почвы. Определение суммы обменных оснований по Каппену. – Введ. 1988–09–20. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 5 с.
153. ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. – Введ. 1985–03–26. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 6 с.
154. ГОСТ 26207-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. – Введ. 1991–12–29. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 6 с.
155. ГОСТ 26488-85. Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО. – Введ. 1985–03–26. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 4 с.
156. Свидетельство УНИИМ № 241.103/02. Методика выполнения измерений с помощью анализатора влажности МА-30 фирмы «Sartorius». – Екатеринбург: УНИИМ, 2002. – 4 с.
157. ПНД Ф 16.1.2:3:3.11-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.
158. ГОСТ 27395-87. Почвы. Метод определения подвижных соединений двух- и трехвалентного железа по Веригиной – Аринушкиной. – Введ. 1987–09–14. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 4 с.
159. ГОСТ 26486-85. Почвы. Определение обменного марганца методами ЦИНАО. – Введ. 1985–03–26. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 5 с.
160. ГОСТ 26487-85. Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. – Введ. 1985–03–26. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 13 с.
161. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. – Введ. 1985–03–26. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 5 с.
162. ГОСТ 26212-91. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. – Введ. 1991–12–29. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 5 с.
163. Конституция Российской Федерации от 12 декабря 1993 г.
164. Федеральный Закон «Об экологической экспертизе» от 23.11.1995 г., № 174-ФЗ, ст. 14.
165. Директива Совета Европейского экономического сообщества (ЕЭС) по оценке воздействия некоторых государственных частных проектов на окружающую среду (85/337/ЕЭС), 1985. – 16 с.
166. Конвенция об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте, 4 сессия Экспо, Финляндия, 25 февраля – 1 марта 1991 г., Е/ЕСЕ/1250 / Организация Объединенных Наций. – 1991. – 22 с.
167. СП 1-101-95. Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений.
168. Положение «Об оценке воздействия на окружающую среду в Российской Федерации» (Приложение к Приказу Госкомэкологии России от 16.05.2000 № 372).

169. Ландшафтно-экологическое обоснование и экологическая экспертиза народо-хозяйственных проектов: метод. реком. / Сост. канд. геогр. наук В.В. Хахалкин. – Томск: Изд-во Томск. ун-та. – 1991. – 73 с.
170. Хахалкин, В.В. Ландшафтно-экологическая оценка территории как основа проектирования хозяйственных мероприятий / В.В. Хахалкин // Чтения памяти Ю.А. Львова. – Томск: Изд-во Томск. ун-та. – 1995. – С. 112–115.
171. Козин, В.В. Ландшафтный анализ в решении проблем освоения нефтегазоносных регионов: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук / В.В. Козин. – Иркутск, 1993. – 44 с.
172. Надоховская, Г.А. Ландшафтно-экологическая модель в процедуре ОВОС нефтегазовых месторождений / Г.А. Надоховская // Актуальные вопросы геологии и географии Сибири. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1998. – Т. 4. – С. 198–200.
173. Василенко, В.А. Экологическое обоснование региональных программ / В.А. Василенко // Теоретические и практические вопросы рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды. – Новосибирск: Изд-во ИЭ и ООП СО АН СССР, 1989. – С. 3–14.
174. Геоэкологические основы территориального проектирования и планирования / Отв. ред. В.С. Преображенский, Т.Д. Александрова. – М.: Наука, 1989. – 144 с.
175. Геоэкологические подходы к проектированию природно-технических геосистем / Отв. ред. Т.Д. Александрова, В.С. Преображенский, П.Г. Щищенко. – М.: ИГАН, 1985. – 235 с.
176. Постановление Правительства РФ от 19.02.2001 г. № 127 «О минимальных ставках платы за древесину, отпускаемую на корню».
177. Лесной кодекс РФ № 22-ФЗ от 29.01.97 (с изменениями от 30.12.01).
178. Положение о порядке возмещения убытков собственникам земель, землевладельцам, арендаторам и потерь сельскохозяйственного производства (с изменениями на 7 мая 2003 года). Утв. постановлением правительства РФ № 77 от 28 января 1993 г.
179. Методика нормативной оценки и расчета ущерба, наносимого животному миру (наземные позвоночные) и недревесным растительным ресурсам при реализации хозяйственных проектов. Утв. решением Государственной Думы Томской области № 290 от 21.10.96. – Томск, 1995.
180. Временная методика оценки ущерба, наносимого рыбным запасам в результате строительства, реконструкции и расширения предприятий, сооружений и других объектов и проведения различных видов работ на рыбохозяйственных водоемах. – М., 1990. – 58 с.
181. Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим / Под ред. К.Е. Иванова, С.М. Новикова. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 448 с.
182. Иванов, К.Е. Основы гидрологии болот лесной зоны и расчеты водного режима болотных массивов / К.Е. Иванов. – Л.: Гидрометеиздат, 1957. – 500 с.
183. Иванов, К.Е. Водообмен в болотных ландшафтах / К.Е. Иванов. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 279с.
184. Гендрин, А.Г. К вопросу установления водоохранных зон систем верховых болотных массивов / А.Г. Гендрин, Г.Г. Румянцева, В.П. Колмогоров и др. // Человеческое измерение регионального развития. Экология, экологическое образование и воспитание: тез. докл. – Нижневартовск: Издательство НГПИ, 2005. – С. 50–52.

185. Сидоренко, Т.Н. Концептуальные подходы к осуществлению программы экологического мониторинга на примере нефтяных месторождений Томской области / Т.Н. Сидоренко, А.Г. Гендрин, Г.А. Надоховская, А.Н. Чемерис // Химия нефти и газа: Материалы 5-ой междунар. конф. 22–26 сентября 2003 г. – Томск: Изд-во Ин-та оптики и атмосферы СО РАН. – 2003. – С. 565–567.
186. Постановление правительства РФ от 1993 г. № 1229 «О создании единой системы экологического мониторинга».
187. РД 39-00147105-006-97. Инструкция по рекультивации земель, нарушенных и загрязненных при аварийном и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов. – Уфа: ИПТЭР, 1997. – 49 с.
188. Временные методические рекомендации по проведению ресурсной оценки территорий традиционного природопользования районов Крайнего Севера. – М.: Росземкадастр, 2002.
189. Методические рекомендации по применению материалов аэрофотосъемки при крупномасштабном геоботаническом и культурнотехническом обследовании природных кормовых угодий лесной зоны. – М.: Гидрометиздат, 1983. – 24 с.
190. Ту, Дж. Принципы распознавания образов / Дж. Ту, Р. Гонсалес. – М.: Мир, 1978. – 413 с.
191. Хорн, Б.К.П. Зрение роботов / Б.К.П. Хорн. – М.: Мир, 1989. – 488 с.
192. Чэн, Ш.-К. Принципы проектирования систем визуальной информации / Ш.-К. Чэн. – М.: Мир, 1994. – 408 с.
193. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. – Введ. 1990-04-01. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 8 с.
194. ГОСТ 29269-91. Почвы. Общие требования к проведению анализа. – Введ. 1991-12-29. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 15 с.
195. Чижов, Б.Е. Лес и нефть Ханты-Мансийского автономного округа / Б.Е. Чижов. – Тюмень, 1998. – 148 с.
196. ГОСТ 17.4.3.06-86. Охрана природы почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ. – Введ. 1987-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 5 с.
197. Солнцева, Н.П. Учет геохимической структуры битуминозных ореолов загрязнения для оптимизации процессов восстановления нефтезагрязненных почв/ Н.П. Солнцева, А.П. Садов // Новые технологии для очистки нефтезагрязненных вод, почв, переработки и утилизации нефтешламов: тез. докл. Междунар. конф. (Москва, 10–11 декабря 2001 г.). – М., 2001. – С. 114–115.
198. Груздкова, Р.А. Распространение нефтяного загрязнения в почве / Р.А. Груздкова, В.А. Сурнин // Загрязнение почв и сопредельных сред. – М.: Гидрометеиздат, 1999. – Вып. 17 (145). – С. 69–73.
199. Пиковский, Ю.И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах / Ю.И. Пиковский // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. – С. 7–22.
200. Исмаилов, Н.М. Микробиологическая и ферментативная активность нефтезагрязненных почв / Н.М. Исмаилов // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М., 1988. – С. 11–19.
201. Пиковский, Ю.И. Геохимическая трансформация дерново-подзолистых почв под влиянием потока нефти / Ю.И. Пиковский, Н.П. Солнцева // Техногенный поток веществ в ландшафтах и состоянии экосистем. – М., 1981. – С. 31–38.

202. Глазовская, М.А. Способность окружающей среды к самоочищению / М.А. Глазовская // Природа. – 1979. – № 3. – С. 3–20.
203. Кошко, В.А. Физиология и биохимия культурных растений / В.А. Кошко // Междунар. регион. семинар «Охрана окружающей среды: современные исследования по экологии и микробиологии». – Ужгород, 1997. – № 5. – С. 14–22.
204. Ермоленко, З.М. Влияние некоторых факторов окружающей среды на выживаемость внесенных бактерий, разрушающих нефтяные углеводороды / З.М. Ермоленко, В.А. Чугунов, В.Н. Герасименко // Биотехнология. – 1997. – № 5. – С. 10–18.
205. Алехин, В.Г. Биологическая активность и микробиологическая рекультивация почв, загрязненных нефтепродуктами / В.Г. Алехин, В.Т. Емцев, Е.А. Рогозина, А.И. Фахрутдинов // Биологические ресурсы и природопользование. – Нижневартовск, 1998. – С. 9–15.
206. Андерсон, Р.К. Охрана окружающей среды от загрязнения нефтяными и промышленными сточными водами / Р.К. Андерсон, Р.Х. Хазинов // Обзор. информ. Сер. Коррозия и защита в нефтегазовой промышленности. – М.: ВНИИОЭНГ, 1978. – С. 7–11.
207. Булатов, А.И. Методы и техника очистки и утилизации отходов бурения / А.И. Булатов, В.А. Левшин, В.Ю. Шеметов // Обзор. информ. Сер. Борьба с коррозией и защита окружающей среды. – М.: ВНИИОЭНГ, 1989. – С. 23–26.
208. Булатов, А.И. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности / А.И. Булатов, П.П. Макаренко. – М.: Недра, 1997. – 483 с.
209. Якушев, Б.И. Исследование растений и почв: Эколого-физиологические методы / Б.И. Якушев. – Минск: Наука и техника, 1988. – 69 с.
210. Моторина, Л.В. К проблеме восстановления территорий, нарушенных при добыче полезных ископаемых / Л.В. Моторина // Восстановление земель после промышленных разработок. – М., 1967. – С. 94–100.
211. Моторина, Л.В. Промышленность и рекультивация земель./ Л.В. Моторина, В.А. Овчинников. – М.: Мысль, 1975. – 240 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Гендрин Алексей Германович заведующий отделом экологии ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК», канд. физ.-мат. наук, тел. (3822) 79-18-76, e-mail: GendrinAG@nipineft.tomsk.ru
- Надоховская Галина Александровна заведующая сектором ОВОС отдела экологии ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК», тел. (3822) 79-19-15, e-mail: NadokhovskayaGA@nipineft.tomsk.ru
- Сидоренко Тамара Николаевна ведущий научный сотрудник отдела экологии ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК», канд. хим. наук
- Мыльников Юрий Петрович младший научный сотрудник отдела экологии ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК», тел. (3822) 79-19-97, e-mail: MylnikovYP@nipineft.tomsk.ru
- Кондыков Вадим Анатольевич заведующий лабораторией мониторинга природной среды ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК», тел. (3822) 79-18-99, e-mail: KondykovVA@nipineft.tomsk.ru
- Искрижитский Александр Александрович младший научный сотрудник отдела экологии ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК», тел. (3822) 79-18-99, e-mail: IskrizhitskiyAA@nipineft.tomsk.ru
- Русинова Евгения Сергеевна младший научный сотрудник отдела экологии ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК», тел. (3822) 79-18-95, e-mail: RusinovaES@nipineft.tomsk.ru
- Собанина Лидия Александровна младший научный сотрудник отдела экологии ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК», тел. (3822) 79-18-95, e-mail: KhudobetsLA@nipineft.tomsk.ru
- Ротарь Ольга Васильевна доцент кафедры ТООС Томского Политехнического университета, канд. хим. наук

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ	6
1.1. Исходная информация о существующем состоянии природной среды на территориях нефтегазовых месторождений	11
1.1.1. Физико-географическая характеристика территории месторождения	11
1.1.2. Краткая характеристика промысла	13
1.1.3. Краткая характеристика промысла как объекта воздействия на окружающую природную среду	14
1.2. Использование географических информационных систем и данных дистанционного зондирования в инженерно-экологических изысканиях	14
1.2.1. Характеристика основных систем получения космических снимков	28
1.3. Материалы и методы проведения инженерно-экологических изысканий	38
1.3.1. Зонирование территории по степени антропогенной нагрузки. Размещение ключевых участков полевых исследований	38
1.3.2. Методики исследований	40
1.3.3. Камеральные исследования	47
1.3.4. Лабораторные исследования	55
1.4. Использование результатов инженерно-экологических изысканий для целей экологического сопровождения предприятий нефтегазового комплекса	57
Глава 2. ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ УЧАСТКОВ ПОЧВ И ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКОЙ И АЭРОФОТОСЪЕМКИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ТЕРРИТОРИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА	66
2.1. Методики исследования	66
2.2. Общие принципы использования материалов космической и аэрофотосъемки в экологическом мониторинге нефтезагрязненных земель территорий месторождений нефтегазового комплекса	68

2.2.1. Алгоритмы, положенные в основу разработанного программного обеспечения.....	70
2.2.2. Результаты обработки снимков Quick Bird.....	73
2.2.3. Проблемы, возникшие при автоматическом дешифрировании.....	74
2.3. Результаты полевых, камеральных и лабораторных работ, анализ результатов, полученных в процессе обработки данных полевых обследований.....	74
Глава 3. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ.....	83
3.1. Анализ существующих методов рекультивации нефтезагрязненных почв.....	83
3.2. Обоснование выбора способа рекультивации почв.....	84
3.3. Рекультивация почв с использованием биологических препаратов.....	86
3.4. Фиторекультивация.....	92
3.5. Рекомендации по рекультивации нефтезагрязненных почв.....	96
ЛИТЕРАТУРА.....	96
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ.....	109

Гендрин Алексей Германович
Надоховская Галина Александровна
Сидоренко Тамара Николаевна
Мыльников Юрий Петрович
Кондыков Вадим Анатольевич
Искрижитский Александр Александрович
Русинова Евгения Сергеевна
Собанина Лидия Александровна
Ротарь Ольга Васильевна

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Выпуск 1

Инженерно-экологические изыскания территории нефтяных
и газовых месторождений, инвентаризация и рекультивация
нефтезагрязненных земель

Аналитический обзор

Компьютерная верстка выполнена Т.А. Калужной

Лицензия ИД № 04108 от 27.02.01

Подписано в печать 15.12.2005. Формат 60x84/16.
Бумага писчая. Гарнитура Times. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 7,4. Уч.-изд. л. 7,4. Тираж 300 экз.
Заказ N 294.

ГПНТБ СО РАН. Новосибирск, ул. Восход, 15, комн. 407, ЛИСА.
Полиграфический участок ГПНТБ СО РАН. 630200, Новосибирск,
ул. Восход, 15.