

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сахалинский государственный университет»  
(СахГУ)

На правах рукописи



Верхотуров Алексей Александрович

Разработка методики комплексного мониторинга земель в условиях  
воздействия активных тектонических и магматических процессов

25.00.26 – Землеустройство, кадастр и мониторинг земель

Диссертация на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

Научный руководитель –  
доктор технических наук  
Мелкий Вячеслав Анатольевич

Южно-Сахалинск – 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ И МАГМАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ.....	10
1.1 Нормативно-правовая база мониторинга земель, подверженных активному тектоническому и вулканическому воздействию.....	10
1.2 Зарубежный опыт создания систем мониторинга.....	12
1.3 Отечественный опыт создания систем мониторинга.....	13
1.4 Международный опыт создания систем мониторинга.....	18
1.5 Анализ проводимых работ по наблюдению за состоянием природной среды территории.....	20
1.6 Выводы к первому разделу.....	23
2 АНАЛИЗ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЙ СЕЙСМИЧЕСКИ И ВУЛКАНООПАСНОЙ ТЕРРИТОРИИ.....	25
2.1 Характеристика природно-техногенных условий территории Сахалинской области.....	25
2.2 Характеристика тектонических и магматических процессов.....	27
2.3 Характер проявления и воздействия на земли тектонических и магматических процессов.....	30
2.4 Выводы ко второму разделу.....	36
3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ АКТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ И МАГМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	38
3.1 Формирование массива данных картографического обеспечения.....	38
3.2 Формирование массива данных наблюдений.....	46
3.3 Технологическая схема комплексного мониторинга земель.....	48
3.4 Периодичность наблюдений.....	49
3.5 Структурирование данных.....	51
3.6 Распознавание проявлений тектонических процессов.....	52
3.7 Распознавание проявлений магматических процессов.....	54
3.8 Выводы к третьему разделу.....	58
4 РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ АКТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ И МАГМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	60
4.1 Адаптация разработанной методики к геоинформационным технологиям.....	60
4.2 Оценка состояния земель подверженных воздействию тектонических и магматических процессов.....	70
4.3 Рекомендации по ведению мониторинга земель промышленности.....	74
4.4 Оценка динамики состояния земель.....	85
4.5 Выводы к четвертому разделу.....	88

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	89
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	91
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ.....	92
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	93

## ВВЕДЕНИЕ

*Актуальность темы исследования.* В современных условиях высокого темпа развития Азиатско-Тихоокеанского региона Дальневосточный Федеральный округ (ДФО) Российской Федерации (РФ) становится приоритетной территорией, как в плане ускоренного социально-экономического развития, так и с точки зрения экологической безопасности.

Сахалинская область, как неотъемлемая часть ДФО, с начала XXI века претерпевает структурные изменения приоритетов развития регионального народного хозяйства. Наряду с традиционной рыбной отраслью, новый толчок развития получили нефтегазовая, угольная промышленность и агрокомплекс. При этом приходится осваивать территории, многие из которых подвержены воздействию активных тектонических и магматических процессов. В таких условиях, с целью обеспечения безопасности, как существующих, так и проектируемых производственных комплексов и объектов инфраструктуры, требуются дополнительные исследования природной обстановки. Этим обстоятельством обусловлена необходимость в достоверной информации о состоянии земель, которую получают в ходе проведения мониторинга компонентов среды. Однако, использование существующих методик мониторинга земель без существенных доработок весьма затруднительно. Известные методики не учитывают региональную специфику проявлений магматических и тектонических процессов. Поэтому разработка методики осуществления комплексного мониторинга земель в условиях воздействия активных тектонических и магматических процессов на сегодняшний день является актуальной темой исследования.

*Степень разработанности темы.* Актуальные аспекты мониторинга разрабатывались многими отечественными и зарубежными исследователями. Принципы и методы организации мониторинга окружающей среды разрабатывали Бондур В. Г., Малинников В. А., Карпик А. П., Сизов А. П., Мелкий В. А., Зятькова Л. К., Поляков Ю. А. Вопросы охраны окружающей

среды, а также рекультивации нарушенных земель опубликованы в работах Варламова А. А. Результаты разработки методик по дешифрированию и картографированию состояния компонентов окружающей среды представлены в работах Савиных В. П., Гордеева Е. И., Кринова Е. Л., Браткова В. В., Виноградова Б. В., Зверева А. Т., Лисицкого Д. В., Антипова И. Т., Трубиной Л. К., Книжникова Ю. Ф., Сладкопевцева С. А., Мелекесцева И. В., Озерова А. Ю., Гириной О. А., Miller T. P., Kronberg P. и других авторов.

Единовременные и периодические научные исследования состояния земель проводят с применением современных средств дистанционного и наземного мониторинга, а также мощных геоинформационных систем. Однако, в условиях воздействия активных тектонических и магматических процессов, развитых в Дальневосточных регионах, комплексного решения, позволяющего контролировать состояние земель, до сих пор не выработано. Сочетание достижений геологических наук в изучении геодинамических факторов, эффективных способов обработки данных дистанционного зондирования с новыми методическими решениями ведения мониторинга земель позволит обладать достоверной и оперативной информацией о состоянии территории, подверженных воздействию тектонических и магматических процессов.

*Цель и задачи исследования.* Целью диссертационной работы является разработка методики комплексного мониторинга земель в условиях тектонической и магматической активности для осуществления контроля состояния территории и обеспечения безопасности землепользования.

*Основные задачи* диссертационного исследования:

- проанализировать зарубежный и отечественный опыт создания и функционирования систем мониторинга земель в условиях тектонической и магматической активности;
- исследовать региональную специфику природно-техногенных условий территории и разработать классификацию интенсивности воздействия тектонических и магматических процессов на земли Сахалинской области;

– разработать методику проведения комплексного мониторинга земель с учетом воздействия отдельных геодинамических факторов (тектоника и магматизм);

– адаптировать разработанную методику комплексного мониторинга земель для работы с геоинформационными технологиями;

– разработать способ оценки состояния земель в условиях тектонической и магматической активности территории.

*Объект и предмет исследования.*

*Объект исследования* – территории, подверженные воздействию тектонических и магматических процессов.

*Предмет исследования* – методика комплексного мониторинга земель в условиях воздействия активных тектонических и магматических процессов.

*Научная новизна* исследования заключается в следующем:

– разработана методика комплексного мониторинга земель на основе использования космических снимков оптического, теплового и радарного диапазонов, в отличие от существующих методик, обеспечивает эффективность проведения оперативных наблюдений дистанционными методами за состоянием земель, подверженных активному воздействию тектонических и магматических процессов;

– разработана структура баз данных информационного обеспечения методики комплексного мониторинга земель, на которых проявляются активные тектонические и магматические процессы;

– создан способ оценки текущего состояния земель, подверженных активным магматическим и тектоническим процессам.

*Теоретическая и практическая значимость работы.* Теоретическая значимость работы заключается в разработке методики комплексного мониторинга земель в условиях воздействия активных тектонических и магматических процессов, включающей в себя структуру баз данных, технологические схемы по сбору, хранению, подготовке и анализу информации о

компонентах среды и состоянии территории, классификацию интенсивности воздействия тектонических и магматических процессов.

*Практическая* значимость работы определяется тем, что разработанная методика комплексного мониторинга земель позволяет контролировать состояние территории в условиях воздействия активных тектонических и магматических процессов.

*Методология и методы исследования.* Методологической основой работы являлись методы системного анализа, комплексных физико-географических исследований, геолого-геоморфологического анализа, дешифрирования космических снимков, геоинформационного картографирования, пространственного анализа и рентгенофлуоресцентный метод.

*Положения, выносимые на защиту:*

– разработанная методика комплексного мониторинга земель позволяет контролировать состояние территории в условиях воздействия активных тектонических и магматических процессов;

– сформированные базы данных информационной системы обеспечивают мониторинг земель исходной геопространственной информацией о тектонических и магматических процессах;

– предложенный, в рамках разработанной методики, способ оценки состояния земель позволяет определить количественные и качественные изменения на основе составленной классификации интенсивности воздействия тектонических и магматических процессов.

*Соответствие диссертации паспорту научной специальности.* Диссертация соответствует области исследования: 23 – Мониторинг земель как научное направление (концепция, методология, технология); системный подход; 24 – Научные основы, цели, функции, содержание и организация мониторинга земель (федеральный, региональный и локальный уровни) паспорта научной специальности 25.00.26 – Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, разработанного экспертным советом ВАК Минобрнауки России по техническим наукам.

*Степень достоверности и апробация результатов исследования.*

Достоверность результатов исследования обеспечивается применением актуальных данных из официальных источников, а также глубиной аналитической проработки материала и применением хорошо зарекомендовавших себя ГИС-технологий. Степень соответствия результатов дешифрирования космических снимков проверялась с использованием данных полевых исследований.

Основное содержание работы представлялось и докладывалось на заседаниях кафедры геологии и нефтегазового дела Технического нефтегазового института Сахалинского государственного университета, на следующих научно-технических конференциях и научных конгрессах: Международном форуме «III тысячелетие – новый мир» (Москва, 6–9 декабря 2011 г.); The 29th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. (Mombetsu, Japan, 16–19 February 2014.); III Международной научно-практической конференции «Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований» (Москва, 13–14 марта 2014 г.); IV Международной конференции «Современные информационные технологии для научных исследований в области наук о Земле» (Южно-Сахалинск, 7–11 августа 2016 г.); 23 Международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата» (Южно-Сахалинск, 26 июня–7 июля 2017 г.).

Результаты исследования внедрены в работу центра государственного мониторинга геологической среды на базе «Сахалинской геологоразведочной экспедиции», а также используются в образовательном процессе Технического нефтегазового института Сахалинского государственного университета.

*Публикации по теме диссертации.* Результаты диссертационного исследования отражены в 12 опубликованных научных работах, в том числе в четырех статьях, опубликованных в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени

кандидата наук, две статьи – в изданиях, входящих в международную реферативную базу данных Scopus.

*Структура диссертации.* Общий объем диссертации составляет 108 страниц машинописного текста. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка сокращений и условных обозначений, словаря терминов, списка литературы, включающего 164 наименования, содержит 8 таблиц, 29 рисунков.

# 1 ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ И МАГМАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

## 1.1 Нормативно-правовая база мониторинга земель, подверженных активному тектоническому и вулканическому воздействию

Правовой основой мониторинга земель считается Конституция РФ, а именно статья 42, согласно которой «Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экономическим правонарушением». Право всех граждан РФ обеспечивается рядом мероприятий, куда входит государственное планирование и выработка норм качественных и количественных показателей окружающей природной среды (ОПС); недопущение начала вредной и опасной деятельности [136]. Ряд мер направлены на общее улучшение состояния компонентов ОПС, предотвращение и нивелированию негативных последствий в результате чрезвычайных ситуаций (ЧС). И, конечно же, важным фактором является государственный контроль соблюдения природоохранного законодательства.

Земельный кодекс регулирует участие государственных структур в сфере обеспечения надлежащего контроля и оберегания земельного фонда РФ [23, 55]. Статья 67 дает разъяснение термину мониторинга земель, под которым понимается систематизированные наблюдения, с осуществлением оценки и составлением прогноза изменений состояния земель. Целью наблюдений служит сбор данных о фактическом использовании и состоянии земель. Оценка производится с приведением обоснованного набора количественных и качественных характеристик. Мониторингу земель должны подвергаться все земли РФ. Кодекс отражает главные задачи мониторинга земель и его классификацию, зависящие от поставленных целей.

Мониторинг земель неотделимая часть государственного мониторинга ОПС, что регламентируется Федеральным законом «Об охране окружающей

среды», Постановлением Правительства РФ «Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды» и «О государственном экологическом мониторинге» [90, 91, 96]. Эти документы детально отражают задачи экологического контроля в стране.

Рассмотренные нормативные документы освещают лишь общие положения о мониторинге земель в Российской Федерации.

Основные организационно-технические правовые аспекты мониторинга земель определены «Порядком осуществления государственного мониторинга земель, за исключением земель сельскохозяйственного назначения» и «Порядком осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения» [94, 95]. Документы отражают механизм осуществления государственного мониторинга земель, подразделяют мониторинг использования и состояния земель, перечисляют основные источники получения информации, определяют периодичность наблюдений, определяются наборы количественных и качественных показателей земель, регламентируют порядок оценки состояния земель, хранения полученных результатов и порядок представления информации пользователям.

Напрямую о мониторинге земель, подверженных активному тектоническому и вулканическому воздействию, в рассмотренных нормативных документах не говорится, поскольку негативное воздействие на состояние земель этими факторами изучено и оценено недостаточно. Тектоническому и вулканическому воздействию подвергаются все составляющие термина «Земли» (пространство, рельеф, климат, почвенный покров, растительность, недра, воды) [43]. То есть состояние земель может изменяться под воздействием рассматриваемых негативных факторов независимо от их целевого назначения, использования и состояния.

Поэтому порядок осуществления мониторинга земель в части наблюдаемых негативных процессов дальнейшем необходимо пересмотреть и дополнить.

## 1.2 Зарубежный опыт создания систем мониторинга

Действующие в зарубежных странах системы мониторинга в значительной степени отличаются. Эти отличия обуславливаются природными условиями этих стран. Большинство действующих программ функционирует в рамках мониторинга земель.

В Канаде проделана большая работа по полной инвентаризации, включая оценку плодородия сельскохозяйственных земель. Организован центр дистанционного зондирования (CCRS), занимающийся изучением тенденции глобальных изменений окружающей природной среды. Успешно реализована географическая информационная система, в которой ведется кадастровый учет и оперативно осуществляется оценка земельных ресурсов [29].

Отличительной чертой программ мониторинга окружающей природной среды Швеции является использование эталонных территорий. Они представлены типичными для Скандинавского полуострова лесными землями, а также опытными полями. Результаты исследований на эталонных территориях регулярно анализируются, что является необходимым элементом для составления рекомендаций по использованию земель [142].

В Соединенных Штатах Америки (США) функция мониторинга земель лежит на Агентстве по защите окружающей среды. Агентство занимается научными изысканиями, вырабатывает рекомендации по охране природы, выдает разрешения на различные виды природопользования и др. Сбором фактических данных полевых исследований с пополнением базы данных (БД) занимается Национальная служба охраны почв США [149, 152].

Мониторинг земель ФРГ преимущественно использует данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В существующей структуре мониторинга земель регулярно собирают сведения об отдельных компонентах ОПС, фиксируют их состояние и происходящие в них изменения.

### 1.3 Отечественный опыт создания систем мониторинга

В 1970-е гг. в составе Госкомгидромета образована Общегосударственная служба наблюдений и контроля состояния окружающей среды, получившая аббревиатуру ОГСНК.

Постановлением Правительства РФ от 1993 г. принято решение, которое призвано было сформировать систему экологического мониторинга [98]. За создание и исполнение отдельных функций (в рамках своей компетенции) Единой государственной системе экологического мониторинга были ответственны Минприроды, Росгидромет, Роскомзем, Роскомнедра и т. д. [96]. Стоит отметить такой важный факт, что над решением задачи построения системы мониторинга занимались такие крупные ведомства, но спустя 30 лет с начала разработки единой системы так и не удалось построить.

Многие ведомства (Роскосмос, Росгидромет, МЧС, Роснедра, Рослесхоз, Минсельхоз, Росприроднадзор, Росводресурсы, Минпромторг, Минэнерго, Минтранс, Росреестр и другие) через федеральные программы, как общего, так и тематического направления разрабатывают проекты по созданию средств приема, обработки и применения данных дистанционного зондирования Земли.

Согласно федеральному закону «Об охране окружающей среды» и «Об информации, информатизации и защите информации» информационную систему космического мониторинга окружающей среды можно представить следующим образом (рисунок 1.1).

Таблица 1.1 наглядно представляет перечень главных задач, которые решаются на основе использования космических снимков федеральными министерствами [67].

Средства обеспечения	Информационные процессы	Информационные продукты
----------------------	-------------------------	-------------------------

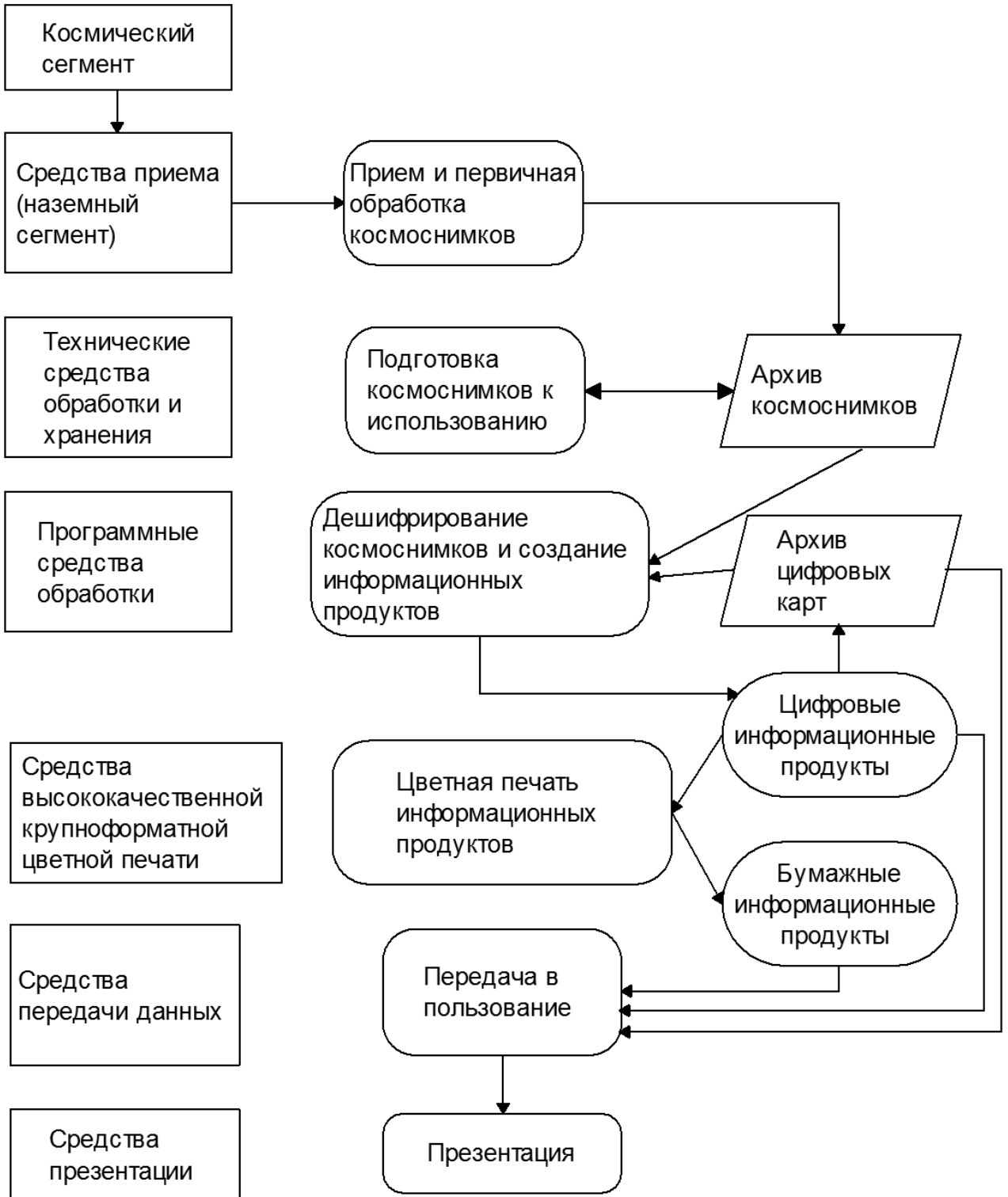


Рисунок 1.1 – Информационная система мониторинга ОПС

Таблица 1.1 – Перечень задач, решаемых на основе данных ДЗЗ федеральными министерствами

Министерство	Агентство	Поставленные задачи
1	2	3
Природных ресурсов и экологии	Росводресурсы	Мониторинг: ледовой обстановки, снежного покрова, водных объектов; Инвентаризация и наблюдение за гидротехническими сооружениями.
	Росгидромет	Сбор метеоданных, прогнозирование погоды, наблюдения за изменением климата; Съемка зоны ЧС с загрязнением среды; Инвентаризация источников дымовых загрязнений, Обнаружение разливов нефти; Ледовая разведка на море.
	Рослесхоз	Мониторинг: лесного фонда, лесных пожаров, незаконных рубок леса, ведения лесопользования; Воспроизводство и лесопатологический мониторинг.
	Роснедра	Мониторинг геологической среды; Ведение кадастра месторождений; Информационное обеспечение госэкспертизы данными о запасах ПИ; Получение данных для поиска углеводородов, рудных и других месторождений ПИ.
	Росприроднадзор	Обнаружение разливов нефти; Мониторинг: эффективности рекультивации земель, условий лицензионного недропользования; Картографическая съемка для создания дистанционной основы ООПТ; Обнаружение признаков хозяйственной деятельности в ООПТ; Раннее обнаружение пожаров, угрожающих ООПТ.
Министерство образования и науки		Создание библиотеки пространственных данных территории России, их предоставление по запросам исследовательских институтов; Подготовка ГИС специалистов и обработке космической информации.
Министерство промышленности и торговли		Мониторинг промышленных объектов; Мониторинг пожаров в коридорах объектов инфраструктуры.
Министерство энергетики		Мониторинг: объектов энергетики, пожаров в коридорах объектов инфраструктуры.

## Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
Министерство сельского хозяйства	Росрыболовство	Мониторинг: зон, богатых фитопланктоном для повышения эффективности рыбного промысла, нелегального рыболовства.
	Россельхознадзор	Инвентаризация сельскохозяйственных земель; Мониторинг: деградации и зарастания сельскохозяйственных земель, всходов, оценка урожайности, патологический мониторинг.
Министерство транспорта	Росавиация	Метеосъемка облачного покрова; Инвентаризация инфраструктуры аэропортов; Обновление карт аэропортов.
	Росавтодор	Инвентаризация дорожной сети; Контроль строительства дорог в отдаленных районах.
	Росжелдор	Инвентаризация железнодорожной сети; Мониторинг хода строительства путей в отдаленных районах.
	Росморречфлот	Ледовая разведка; Инвентаризация портовых сооружений; Мониторинг хода строительства портовых сооружений в отдаленных районах.
	Росреестр	Обновление картографической основы; Разработка геопространственных продуктов; Инвентаризация объектов недвижимости; Мониторинг соблюдения правил землеотвода, земель
Министерство информационных технологий и связи		Формирование информационных баз данных ДЗЗ по территории России.

Проанализировав таблицу 1.1, становится очевидным, что отдельные министерства, агентства и службы часто занимаются решением схожих и однотипных задач. К примеру, мониторингом лесных пожаров занимаются Федеральное агентство по недропользованию, Федеральная служба по надзору в сфере природопользования и Министерство промышленности торговли.

Многие отечественные ученые занимались концепциями, алгоритмами и разработками технологий, которые позволяют проводить режимные наблюдения за определенными природными и техногенными процессами в окружающей среде.

Необходимо отметить исследователей, вплотную занимающихся проблемами, связанными с мониторингом земель: Савиных В. П. – информационное обеспечение научных и прикладных исследований с использованием космической информации [110, 111]; Бондура В. Г. – методы космического мониторинга природных катастроф и объектов нефтегазового комплекса [17, 18]; Малинникова В. А. – теория и методы информационного обеспечения мониторинга земель [81]; Мелкого В. А. – теория аэрокосмического мониторинга вулканопасных территорий [83–85, 107]; Замятину Л. В. [50] – методика оценки состояния земельных ресурсов и обоснование мониторинга земель; Копылова В. Н. – программно-технологический комплекс регионального центра космического мониторинга окружающей среды [70], Полякова Ю. А. – автоматизированная система регионального мониторинга земель [106]; Садова А. В. – теоретические основы применения аэрокосмических методов в инженерной геодинимике [112]; Сизова А. П. – основы землепользования в крупных городах [119].

Труды Кринова Е. Л. [72], Кронберга П. [73] посвящены – исследованиям спектральной отражательной способности в целях картографирования территории. Зверев А. Т., Гаврилова В. В. разрабатывали теорию и методы оценивания фактического состояния, а также составления прогнозов изменения природных ресурсов на основе использования ДЗЗ [53]. Проблемы использования данных космических съемок при картографировании результатов геоэкологического мониторинга рассмотрены Сладкопцевым С. А. [121, 122] (рисунок 1.2). Теорию анализа распределения в пространстве природных и антропогенных ландшафтов на основе космических снимков создавали Братков В. В. [19], GarcRaLlamas P. [163] и другие [146, 147, 150, 153 161]. Аэрокосмические методы в географических исследованиях кропотливо изучены Книжниковым Ю. Ф. [64], Бродской И. А. [21], Кравцовой В. И. [71]. Главные задачи, стоящие перед системой глобального мониторинга лесов отмечены в трудах Лупяна Е. А., Барталева С. А. [12, 13].



Рисунок 1.2 – Технологическая схема мониторинга природной среды  
(по Сладкопевцеву С. А.)

#### 1.4 Международный опыт создания систем мониторинга

Главные принципы построения мировой системы мониторинга биосферы, с определением показателей наблюдений, были сформированы на международном совете научных союзов в 1971 г. Результатом Стокгольмской конференции 1972 г., посвященной вопросам окружающей природной среды, было принятие основополагающих принципов [158]. А всего через год, в результате работы программы Организации объединенных наций (ООН) по проблемам окружающей природной среды, были окончательно сформулированы и приняты главные положения построения Глобальной системы мониторинга окружающей среды, известную (ГСМОС). В дальнейшем (1975 г.) к системе разработаны основополагающие требования. Система формировалась в рамках программы United Nations Environment Programmed (ЮНЕП) [120]. Целью программы является раннее выявление отрицательно воздействующих на людей изменений среды. В задачах программы также отмечаются наблюдения параметров

состояния геологической среды, почв, землепользования, ландшафтов и других компонентов окружающей среды. Источниками первичных данных в системе ГСМОС являются аэро- и космической снимки, а также данные со стационарных и мобильных наземных станций.

Итогом обсуждений международных симпозиумов, посвященных освоению космоса в городе Днепропетровске (2007 г.), городе Королеве, городе Шанхае и городе Глазго в 2008 г. была оформлена концепция и главные принципы по организации International Global Monitoring AeroSpace System (IGMASS) (Международная аэрокосмическая система глобального мониторинга (МАКСМ)). Данная система призвана производить регулярные наблюдения за состоянием околоземного космического пространства, атмосферы и литосферы. Анализ собранной информации должен служить своевременному предупреждению различных природных угроз. Система должна будет по задумке авторов включать в себя следующие комплексы: наземный, авиационный и ракетнокосмический [66].

Стоит отметить, что любая система мониторинга обязана быть многоуровневой, поэтому международные системы могут быть созданы только основываясь на национальных, которые в свою очередь создаются на основе региональных.

При построении региональных систем неотъемлемым является выполнение условия по учету специфических характеристик природной обстановки территории, характера промышленного производства и ведения сельского хозяйства, а также состояние компонентов ОПС. БД системы должны быть насыщены полноценной информацией касательно интенсивности землепользования и развития на них процессов и явлений природного и техногенного характера (их нарушенности, плодородии, заболачивании, вулканизма, нецелевом использовании и другие). Функционирование мониторинга земель регионального уровня требует решению вопросов, касающихся сбора, хранения, обработки и передачи информации о состоянии

наблюдаемых объектов в доступном и наглядном картографическом виде потребителям.

### 1.5 Анализ проводимых работ по наблюдению за состоянием природной среды территории

Исследование проблемы из доступных источников информации привело к выводу, что в субъектах Российской Федерации настоящее время комплексных систем мониторинга земель не существует. Так в Сахалинской области реальные систематические работы по мониторингу земель с использованием данных ДЗЗ ведутся в крайне ограниченных объемах. Такими работами занимаются Сахалинский государственный университет, Институт морской геологии и геофизики (ИМГиГ), Сахалинское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Центр государственного мониторинга геологической среды, Главное управление МЧС России по Сахалинской области. До недавнего времени приемом спутниковой информации занимался Дальневосточный филиал Российского федерального геологического фонда, когда работала группа дистанционных методов по прием данных ДЗЗ с космических аппаратов Ресурс-О1, NOAA, TERRA, в целях сбора информации для Государственного банка цифровой геологической информации.

Обработка оперативных космических данных велась по направлениям:

- мониторинга лицензионных участков по добыче полезных ископаемых и проявлений экзогенных геологических процессов в рамках [93, 115];
- наблюдение за ледовой обстановкой в морях Дальнего Востока;
- выявление пожаров;
- контроль вулканической активности.

Станция приема спутниковой информации «УниСкан» обеспечивала прием данных в режиме прямого вещания с Terra MODIS. NASA ежедневно выполняет расчет расписания. Доступ к нему и находится на сервере Celestial – <http://celestrak.com>. GPS-приемником отслеживается фактическое время приема

данных со спутником. Периодичность приема данных составляла от 2 до 3 раз в сутки. Территориальный охват занимает значительные территории – от побережья Чукотки на востоке до Братска на западе и от побережья Северного Ледовитого океана до Тайваня [20].

ИМГиГ традиционно занимается проблемами вулканической активности и мониторингом вулканических процессов [46, 109]. Институтом накоплен большой опыт исследования вулканов на основе данных аэро- и космических съемок. В 2003 г. в Институте морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМГиГ ДВО РАН) создана Сахалинская группа оперативного реагирования на вулканические извержения – Sakhalin Volcanic Eruptions Response Team (SVERT). Цель группы – мониторинг активных вулканов Курильских островов. Главная задача – сбор и анализ доступной информации об активных вулканах, и обмен информацией о вулканической деятельности с заинтересованными партнерами (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Схема взаимодействия группы SVERT [159]

Система мониторинга вулканов первоочередной целью ставила контроль наиболее опасных для населенных пунктов и авиалиний объектов. К ним относятся следующие вулканы: Богдан Хмельницкий, Эбеко, Чикурачки и Алаид, Тятя, Менделеева, Иван Грозный, Баранского, Чирип, [45].

Курильские острова разделяются на зоны ответственности (рисунок 1.4). За большую часть архипелага ответственна группа SVERT. Аналогичная сахалинской группе на Камчатке Институтом вулканологии и сейсмологии организована KVERT. Группа наблюдает за вулканами Камчатского края и островами Парамушир и Атласова Сахалинской области [36, 160].

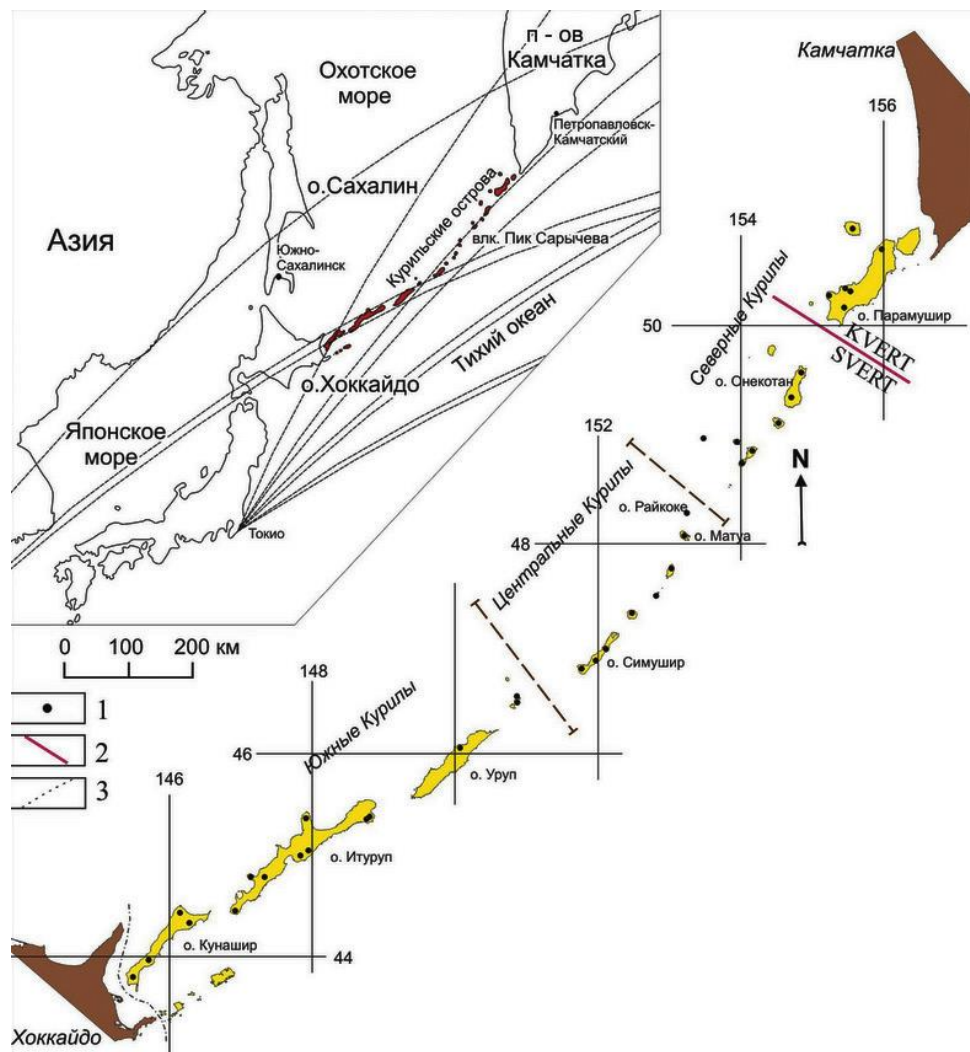


Рисунок 1.4 – Контроль вулcanoопасности для авиатрасс, в зонах ответственности SVERT и KVERT [159]

Помимо снимков TERRA начиная с 2012 г. SVERT активно работает со спутниковой информацией, поступающей с космического аппарата NOAA. Данные предоставляет центр регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН. Центр проводит регулярные наблюдения экологического состояния дальневосточных морей [3]. В Камчатском крае установлены камеры, позволяющие наблюдать в режиме реального времени состояние вулканических построек [103].

С начала 2017 г. оперативный контроль активности вулканов с использованием данных радиометра MODIS со спутника TERRA прекратился по причине ликвидации станции приема спутниковой информации Дальневосточного филиала Российского Федерального Геологического фонда, который предоставлял спутниковые изображения для SVERT [114].

Действующий ранее центр мониторинга при главном управлении МЧС России по Сахалинской области принимал участие в работе по становлению системы мониторинга и прогнозирования ЧС. Также в деятельность центра входили работы по подготовке и внедрению показателей риска на территориях и объектах промышленности.

## 1.6 Выводы к первому разделу

Системы мониторинга, как инструмент контроля загрязнения, охраны и рационального использования земель, получили развитие и работают во многих странах. Среди них особо выделяются ГСМОС, система государственного мониторинга, МАКСМ, SVERT и др. Работающая государственная система мониторинга несовершенна, поскольку отдельные министерства, агентства и службы часто занимаются решением схожих и однотипных задач. Программы мониторинга компонентов среды постоянно сокращаются.

Часто термин «мониторинг земель» используется крайне узко и сводится к мониторингу почв, что противоречит официальному определению «Земля» [43]. Также недостаточное внимание уделяется тектоническим и магматическим

процессам при ведении мониторинга земель. Действующая государственная система мониторинга земель имеет следующие противоречия. Так мониторинг сельскохозяйственных земель осуществляется Министерством сельского хозяйства при информационном взаимодействии с Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору. Мониторинг же земель остальных категорий ведется Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) при информационном взаимодействии с министерствами, федеральными агентствами, службами и др [100]. При этом наиболее полные надзорные функции сосредоточены в Федеральной службе по надзору в сфере природопользования. Очевидно, что процесс контроля использования и состояния земель, как объекта мониторинга, крайне трудноосуществим и не оперативен при существующей структуре.

Анализ научных трудов показал, что проделана большая работа при решении вопросов проведения мониторинга с применением данных ДЗЗ, разработке методик оценки состояния земель, использованию геоинформационных систем (ГИС) для европейской части России или регионов Сибири, где в меньшей степени проявляются тектонические процессы и отсутствует вулканическое воздействие на земли. Очевидно, что имеется необходимость в разработке и применении нового методического подхода к проведению мониторинга земель, подверженных воздействию активных тектонических и магматических процессов.

## 2 АНАЛИЗ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЙ СЕЙСМИЧЕСКИ И ВУЛКАНООПАСНОЙ ТЕРРИТОРИИ

### 2.1 Характеристика природно-техногенных условий территории Сахалинской области

Географическое положение является важным фактором, оказывающим существенное влияние на исходные природные параметры, следовательно, и на возможность развития тех или иных отраслей экономики территории. Сахалинская область – расположена на крайнем юго-востоке Российской Федерации и является единственным островным регионом в стране.

Сахалин и Курильские острова в геологическом отношении – молодые складчатые области, где еще продолжается формирование земной коры [34, 35]. Главными формами рельефа являются низко- и средневысокие горы. Они занимают не менее 75 % территории [65].

На острове отмечено свыше десяти типов почв, обладающих различным плодородием, что обусловлено своеобразными природными условиями. Ярко выражена широтная географическая зональность и вертикальная поясность. В северной части области, в основном, преобладают подзолистые и болотно-подзолистые почвы. В центральной – буро-таежные, а в юго-западной части острова – бурые лесные кислые почвы.

Вертикальная зональность проявляется в смене почвенных поясов на сравнительно коротких расстояниях. Нижний пояс представлен горными буро-таежными неоподзоленными и слабоподзоленными почвами, средний пояс – горно-лесными кислыми пропитано-многогумусовыми слабоподзоленными и неоподзоленными почвами, в верхнем поясе преобладают горные сухоторфянистые иллювиально-многогумусовые почвы.

В Сахалинской области густая речная сеть, насчитывается порядка 65 тысяч рек и 17 тысяч озер. Водотоки небольшие. Длина в большинстве случаев менее 10 км. Разливы рек подвластны весенним и дождевым паводкам. Подъем воды

происходит быстро, иногда в течение нескольких часов захватывая разливом максимальную площадь. Дождевые паводки вызываются прохождением циклонов и особенно тайфунов, приносящих интенсивные осадки [79].

Сахалинская область находится под воздействием действия муссона умеренных широт. Образование в холодный период хода над материком Сибирского антициклона и над северной частью Тихого океана Алеутского минимума обуславливает преобладание северо-западных ветров, приносящих холодный континентальный воздух, и вызывает суровую, с частыми метелями зиму. По наступлению теплого периода перестраиваются барические системы, и над материком формируется область пониженного давления, а над Охотским морем область повышенного давления. В такой ситуации преобладают ветры юго-восточных направлений, обуславливающие влажное, прохладное, с частыми дождями и туманами лето [65].

В среднем за год над Сахалинской областью проходит около ста циклонов, вызывающих усиление ветра, пасмурную с осадками погоду. Прохождение тайфунов сопровождается сильными штормовыми ветрами более 40 м/сек., и сильными дождями [126].

Географическое положение Сахалинской области, конфигурация территории обуславливает наличие разнообразных ландшафтов со своеобразным сочетанием бореальной охотской и южной маньчжурской флоры. Широкое развитие горного рельефа устанавливает высотную дифференциацию растительного покрова. Эти перечисленные особенности обуславливают многообразие условий для развития растительного мира на островах. Господствующим же типом растительности в области является темнохвойная елово-пихтовая тайга [79].

Леса Сахалинской области характеризуются высокой степенью пожарной опасности, обусловленная преобладанием хвойных древостоев, а также большого количества пустырей и гарей, заросших вейником и курильским бамбуком [97, 99, 130].

По итогам всероссийской переписи населения 2010 г. численность постоянного населения составляет 498 тыс. человек. Население расселено по территории крайне неравномерно. Южная часть Сахалина (Сусунайская низменность и побережье) является наиболее заселенной. На Курильских островах численность населения немногим больше 19 тыс. человек и лишь малая часть островов имеет постоянное население. В числе таких островов: Парамушир, Итуруп, Кунашир и Шикотан [89].

Существенные запасы высококачественного минерального сырья предопределили ведущие позиции в экономике Сахалинской области нефтегазовой и угольной промышленности [48, 88, 92]. Богатство дальневосточных морей биоресурсами способствовало развитию рыбной отрасли.

## 2.2 Характеристика тектонических и магматических процессов

Под тектоническими процессами понимается механические движения земной коры под воздействием внутренней энергии Земли, сопровождающиеся деформациями слагающих кору горных пород. Эти деформации провоцируют образование разрывных нарушений, с которыми связаны очаги сильных землетрясений.

Территория Сахалинской области имеет сложное тектоническое строение. Характерной особенностью строения является субмеридионально вытянутые сегменты, которые в свою очередь дробятся на тектонические блоки, разделенных зонами разрывных структур типа флексурно-разрывных, шовно-сбросовых, шовно-сдвиговых и шовно-надвиговых.

По протяженности новейшие разрывы подразделяются на трансрегиональные (длиной более 500 км), региональные (500–100 км), субрегиональные (100–70 км) и локальные (менее 70 км) [28].

Детальными исследованиями разрывных нарушений в Сахалинской области стали заниматься сравнительно недавно, а именно после катастрофического Нефтегорского землетрясения 1995 г. (рисунок 2.1). Установлено, что

землетрясение приурочено к Верхне-Пильгунскому разлому, по которому произошло смещение земной поверхности до 8 м на протяжении порядка 40 км [2, 86]. Очевидно, что выявление активных тектонических разломов позволит определять участки с повышенной сейсмической опасностью.



Рисунок 2.1 – Последствия Нефтегорского землетрясения [74]

Тектонические и магматические процессы неразрывно связаны друг с другом. Тектонические разломы глубокого залегания могут являться первопричиной для образования вулканических построек. В свою очередь развитие активного вулканизма всегда сопровождается сейсмическими сотрясениями [138].

Сахалинская область является одной из самых вулканоопасных регионов планеты. На острове Сахалин отсутствуют проявления современного вулканизма, если не считать грязевые вулканы непосредственно связанные с тектоническими разломами (рисунок 2.2). Курильские острова являются частью Тихоокеанского

огненного кольца. Здесь располагается порядка ста вулканов, из которых 36 являются действующими.



Рисунок 2.2 – Схема основных тектонических разломов и действующих вулканов на территории Сахалинской области

Вулканические постройки зачастую сливаются своими основаниями и образуют узкие, гребневидные, с крутыми склонами (30–40°) хребты, вытянутые преимущественно вдоль простирания островов. Нередко вулканы возвышаются в виде изолированных гор, среди которых наибольшие отметки имеют Алайд–2339 м, Тятя–1819 м [65].

## 2.3 Характер проявления и воздействия на земли тектонических и магматических процессов

Извержение вулканов воздействуют на все оболочки Земли, кардинальным образом изменяя ее облик [157]. Характер этого воздействия главным образом зависит от типа и подтипа вулканической деятельности (рисунок 2.3).

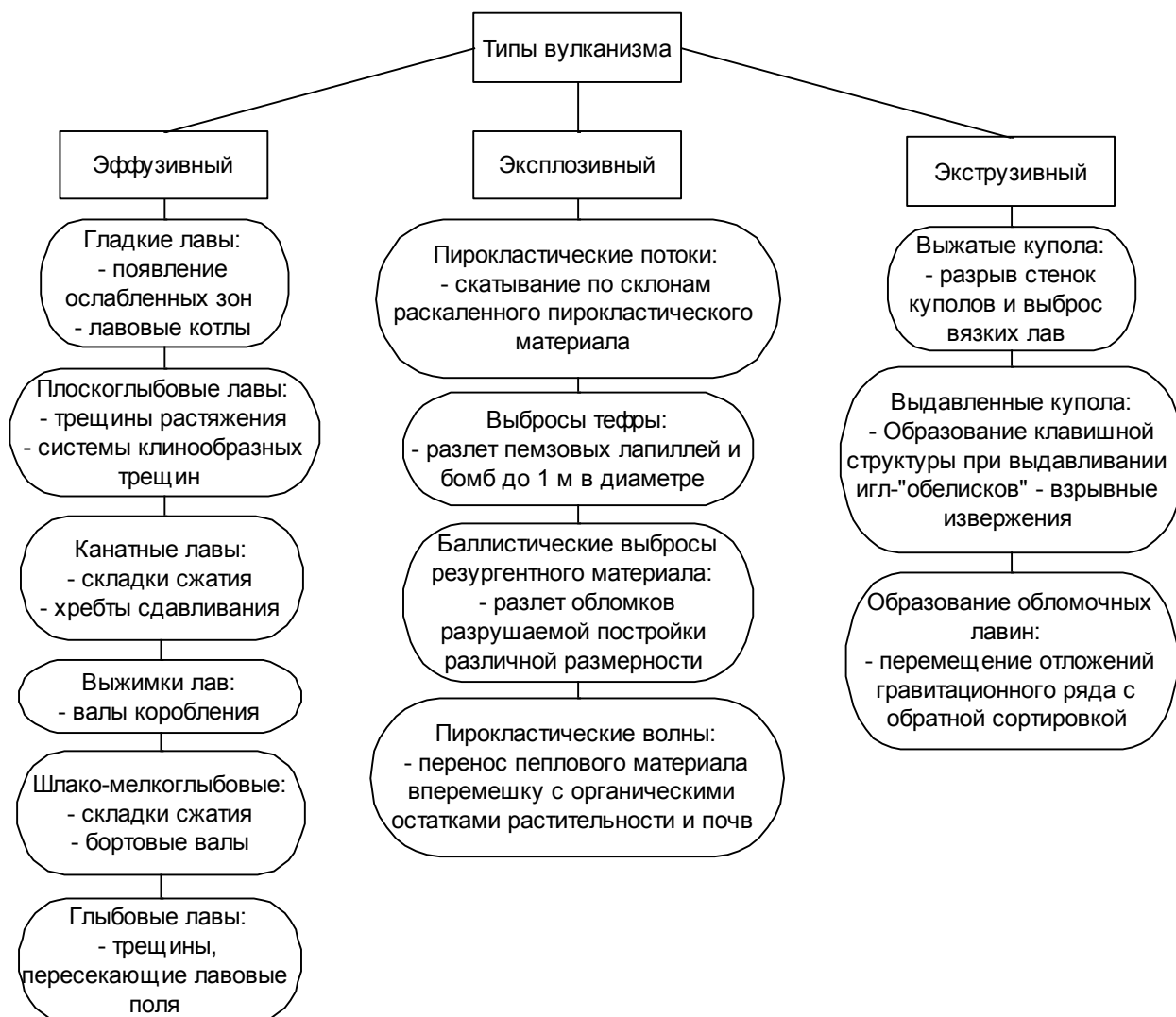


Рисунок 2.3 – Зависимость наблюдаемых явлений от типа вулканизма

Так воздействие на рельеф explosивно-фреатических извержений выражается в образовании отрицательных форм рельефа. Характерны такие элементы, как воронки, котловины диаметром 5–300 м и глубиной до 100 метров. Наиболее сложные формы рельефа образуются при серии взрывов. При этом рвы

достигают 1,5 км, а котловины 1 км в диаметре [82]. Фреатические взрывы, при условии существования кратерных озер, провоцируют сход лахаров – вулканических аналогов селей.

Фреатомагматические извержения как отрицательные, так и положительными формами рельефа. Отрицательные формы рельефа это котловины, маары, отдельные эксплозивные воронки и их цепочки, рвы. Положительные представлены аккумулятивными равнинами, образованные тефрой, мааровые валы, шлаковые, пепловые и туфовые конуса.

В результате эксплозивно-магматических извержений образуются шлаковые конуса и кратеры. Существенно изменяется рельеф на площади до 200 км<sup>2</sup> обвально-взрывными отложениями и пирокластическими потоками.

Эффузивный вулканизм характеризуется излиянием лав с образованием потоков различного морфологического типа – гладких (шоссе или аа-лавы), волнистых (канатных), и глыбовых (рисунок 2.4).

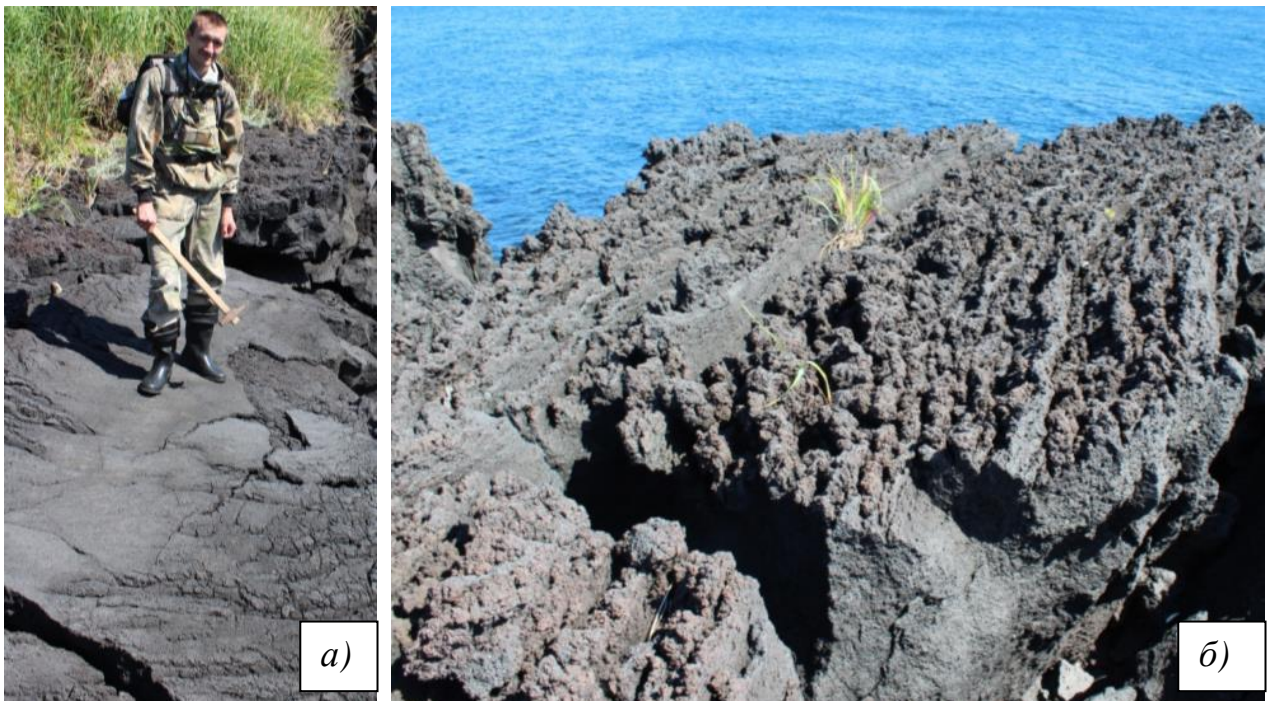


Рисунок 2.4 – Лавовые токи:

*а)* гладкие; *б)* волнистые

Длина лавовых потоков отмечается в пределах 0,1–40 км, ширина до 2 км, занимаемая площадь 0,001–5 км<sup>2</sup> и мощностью 0,1–200 м. Более сложное строение и на порядок больших размеров достигают лавовые равнины и покровы.

С экструзивным вулканизмом связано образование обломочных лавин, обусловленных ростом куполов кислой лавы. У подножия вулкана образуются мощные 50–100 м крупнообломочные отложения. Пирокластические потоки достигают мощности в 10 м при длине до 12 м [82].

При извержении вулканов до 4 % выбрасываемого вещества составляют газы. Аэрозоли часто состоят из капелек серной кислоты и кристалликов ее солей. Наблюдение за выбросами эруптивного материала имеет важное значение по той причине, что концентрация газов может многократно превосходить предельно допустимые нормы [137].

Во многих современных областях активного вулканизма наблюдаются проявления гидротермальных систем, оказывающих заметное влияние на гидрологический режим территорий и содержание химических соединений в водотоках. Количество выносимого реками Курильских островов железа может в 10 раз, кремнезема в три раза превышать аналогичные показатели рек Сибири [124]. Присыпки пеплом зимой могут задерживать сход снежного покрова более чем на 2 недели. Крупные же отложения пепла (свыше 10 см) способствуют образованию круглогодичных снежников. Небольшие пеплопады в начале весны наоборот способствуют более быстрому сходу снега.

Прямое негативное воздействие на почвенно-растительный покров оказывается в результате влияния взрывных волн, отложений продуктов взрыва, лавовых, ингимбритовых и пирокластических потоков, запыления, а также агрессивного воздействия газов.

Взрывные волны уничтожают растительность, но при этом сохраняется почвенный покров. Поэтому поврежденные участки достаточно быстро начинают зарастать. При таких взрывах зафиксировано сведение растительности на площади порядка 500 км<sup>2</sup> (г. Сент-Хелес 1850 г.).

Воздействие лавовых, ингимбритовых и пирокластических потоков проявляется в полнейшем уничтожении почвенно-растительного покрова. Заселение растительности на таких территориях начинается только после накопления мелкозема в промежутках между крупными обломками (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Восстановление почвенно-растительного покрова на поверхности лавового потока

Пеплопады способны распространяться на значительные территории (1100 км, мощностью 1 см – вулкан Тамбора в Индонезии) [164]. Последствия выпадения пепла может выразиться полной гибелью растительности, частичном ее повреждении, запылении ассимиляционного аппарата.

Мощные слои пепла могут полностью засыпать травяно-кустарниковую растительность. Привести к ее гибели может повышенное содержание в пеплах токсических веществ [145]. Часто пепел имеет высокую температуру (до 200 °С), что может служить причиной гибели хвои и листьев деревьев. Запыление

ассимиляционного аппарата приводит к угнетению растительности вследствие замедления реакций фотосинтеза.

Наименее заметные среди тектонических процессов это медленные дислокации отдельных блоков земной коры, выражающиеся в вертикальном опускании или вздымании с малой скоростью (миллиметры в год) территории. Такие движения вызывают трансгрессию и регрессию моря, приводят к изменению очертаний береговой линии, активизируют денудационные и аккумулятивные процессы, приводящие к изменению рельефа.

Глубинные разломы, выходящие на поверхность, могут быть причиной возникновения такого геологического явления, как грязевой вулканизм, периодические извержения которых также существенным образом преобразует окружающее пространство и несет потенциальную опасность (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Грязевой вулкан Южно-Сахалинский

Наибольшее воздействие среди тектонических процессов на земли оказывают сильные землетрясения. Это явление способствует возникновению и активизации склоновых процессов – обвалов, осыпей и оползней (рисунок 2.7, а), а также высокоамплитудных смещений. Последние в условиях побережья могут приводить к кардинальной перестройке береговой линии (рисунок 2.7, б)



Рисунок 2.7 – Последствия тектонических подвижек:

а) активизация оползневых процессов; б) поднятие морского дна

В результате проведенных нами полевых исследований, а также анализа научной литературы, посвященной исследованию тектонических и магматических процессов в Сахалинской области, характеру их проявления и воздействия на земли составлена классификация интенсивности воздействия наблюдаемых процессов (таблица 2.1).

Показатели мониторинга сформированы в соответствии с требованиями Приказа Министерства экономического развития Российской Федерации от 26.01.2014 г. № 852 «Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель, за исключением земель сельскохозяйственного назначения».

Таблица 2.1 – Классификация интенсивности воздействия тектонических и магматических процессов

Объекты	Показатель мониторинга состояния земель		Факторы воздействия на земли	Критерий воздействия на состояние земель
	Количественный	Качественный		
Вулканоопасные районы	Суммарная площадь и изменение площади в наблюдаемый период времени	P <sub>1</sub>	Пирокластические и лавовые потоки	Полное уничтожение природных ландшафтов (почвенно-растительного покрова), образование вулканических пустынь, представленных шлаковыми полями и лавовыми потоками
		P <sub>2</sub>	Сукцессия	Заращение травянистой и кустарниковой растительностью
		P <sub>3</sub>	Сукцессия	Восстановление типичных биоценозов
		P <sub>4</sub>	Пирокластические волны	Погибшая и поврежденная растительность
		P <sub>5</sub>	Лахары	Уничтожение растительного покрова, существенное изменение рельефа в районе конуса выноса
		P <sub>6</sub>	Сукцессия	Восстановление типичных биоценозов
		P <sub>7</sub>	Пеплопад	Угнетенная растительность
Сейсмоопасные районы		P <sub>8</sub>	Тектонические дислокации	Резкие смещения земной поверхности, существенным образом изменяющие земную поверхность
		P <sub>9</sub>		Медленные смещения земной поверхности, провоцирующие активизацию экзогенных геологических процессов и грязевого вулканизма

## 2.4 Выводы ко второму разделу

Проведенный анализ природно-техногенных условий территории позволил определить главные особенности земель региона, которые заключаются в следующем:

– протяженная береговая линия; труднодоступность территории, преимущественной горный, резко расчленённый рельеф с превышениями на большей части территории более чем на 200 м, что характерно для горных стран;

распространены опасные геологические процессы (землетрясения, вулканические извержения, цунами, сели, оползни и др.); влажный климат; густая речная сеть (1,0–2,3 км рек на 1 км<sup>2</sup> площади) с высоким рыбохозяйственным значением; разнообразие природных ландшафтов;

– высокая концентрация, на относительно небольшой территории, объектов добывающей промышленности (южная и западная часть о. Сахалин – добыча угля, север и северо-восток – углеводороды, центральная часть и Курильские острова – золото); насыщенность инженерными коммуникациями, как линейного, так и площадного типа (трубопроводы и карьеры); значительные площади лесного фонда заняты гарями и вырубками (4,97 % и 2,2 % от площади лесов соответственно).

Разработанная классификация учитывает объекты наблюдения, дифференцирует отдельные факторы по степени воздействия, конкретизируют параметры изменения состояния земель, и может служить основой для оценки состояния земель, а также зонирования территории по степени опасности от проявлений тектонических и магматических процессов.

### 3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ АКТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ И МАГМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

#### 3.1 Формирование массива данных картографического обеспечения

Задачи, которые стоят мониторинга земель, регламентируют определенные требования к обеспечению картографического материала. Наилучшим средством передачи информации о природно-техногенных условиях является карта. Источниками картографической информации могут служить топографические, тематические карты в бумажном и электронном виде, материалы полевых наблюдений на местности, лабораторных и камеральных работ, а также материалы ДЗЗ. В картографическом виде должны предоставляться и результаты мониторинга земель. Для успешного его функционирования необходима актуальная и достоверная исходная информация о состоянии отдельных компонентов геосистем и техносферы, как по отдельности, так и в их взаимодействии [39, 108].

Топографические и тематические карты, как источник данных, удобны для использования, но и обладают своими недостатками. Среди них можно отметить достаточно быстрое старение информации бумажных карт, ограниченная масштабам точность и достоверность предоставления информации на карте. Прежде всего, связано это с особенностями технологии построения, подготовки и печати [80].

Главное, что нужно отметить, это карты должны быть актуальными и современными, часто оперативно и в автоматизированном режиме строиться при получении новой мониторинговой информации. Исходя из вышеопределенных требований, под картографическим методом мониторинга земель понимается система контроля состояния земель, источников воздействия на основе использования совокупности карт (основы, диагностики и прогноза) [119].

Кроме того в доступности существующих топографических карт не только в цифровом виде, но даже и в растровом также существует явная проблема. В сети интернет имеются ресурсы со свободным доступом к растрам топографических карт. Примерами таких интернет сайтов можно назвать <http://loadmap.net> и <http://map138.narod.ru>.

Также в сети интернет имеются данные открытого пользования о рельефе [129]:

– GTOPO – планетарная совокупность данных о рельефе (разрешение 30 угловых секунд или же, что составляет около 1 км), данные доступны по адресу <http://www1.gsi.go.jp>;

– ETOPO – планетарная модель рельефа Земли, имеющая разрешение 1 угловая минута. В этой модели топографические данные о поверхности суши сочетаются с батиметрическими данными морского дна. Данные доступны по адресу <http://www.ngdc.noaa.gov>;

– GMTED 2010 – совокупность продуктов в следующих разрешениях: 1000, 500 и 250 метров. Данные в будущем планирует поставлять Геологическая служба США. Доступ к данным на <https://lta.cr.usgs.gov>;

– SRTM – информация о рельефе, полученная в результате работы космического аппарата "Спейс-шаттл". Цель, которого состояла в построении цифровой БД рельефа поверхности суши с высоким разрешением. Данные доступны по адресу <http://srtm.usgs.gov>;

– ASTER – это данные о рельефе получаемые со спутника НАСА "Terra". В результате обработки и анализа стереографических космических снимков с сенсора этого аппарата построена цифровая модель рельефа (ЦМР) на территорию поверхности планеты между широтами 83 с.ш. и 83 ю.ш. Разрешение составляет 30 метров. Данные доступны по адресу <http://asterweb.jpl.nasa.gov>;

– Сервисы мировых высот ESRI – компания позволяет получать доступ к мировым коллекциям данных о рельефе в различных разрешениях и полученных из разных источников. Эти сервисы являются частью группы World Elevation на [www.arcgis.com](http://www.arcgis.com).

С обеспечением мониторинга земель тематическими картами ситуации обстоит гораздо хуже [61]. Имеются современные атласы тематических карт на федеральном уровне. Примером тому является доступный по электронному адресу <http://национальныйатлас.рф>, национальный атлас Российской Федерации [87].

Национальный атлас РФ – это фундаментальное, комплексное научно-справочное картографическое произведение. Он характеризует все наиболее важные пространственные информационные аспекты о природе, населении, социальной сфере, состояния народного хозяйства, об отечественной истории и культуре страны. Также и обеспечивает органы государственной власти и местного самоуправления официальной, общепризнанной научной и системной картографической, пространственной информацией о РФ.

В таких условиях при отсутствии современных картографических материалов администрации субъектов федерации и отдельные ведомства в регионах вынуждены самостоятельно решать сложившуюся проблему [61]. Так, в Тюменской области подготавливают многоуровневые карты в цифровом виде.

В Новосибирской области на сегодняшний день уже закончен этап, заключающий в построении комплексной карты в электронном виде. Карта отражает информацию о планировании и перспективах развития области [67].

Построенная карта состоит из совокупности информационных слоев:

- границы административно-муниципальных районов и населенные пункты;
- уровень жизни и безработицы;
- качество окружающей среды;
- демографическая ситуация;
- рельеф и растительность, а также ряд других тематических слоев.

Информация для построения этой карты извлекались из существующих наиболее актуальных справочных материалов, а также в результате обработки данных ДЗЗ. Электронная версия области является открытой информацией со свободным доступом [67]. Именно на основе подобных геоинформационных разработок, можно организовывать оперативный мониторинг земель.

Для формирования массива исходных данных произведен обзор и дана качественная оценка обеспеченности картографическим материалом территории Сахалинской области.

Наиболее значимыми картографическими произведениями являются общегеографические и тематические атласы, выпускавшиеся дважды. В 1967 году был выпущен «Атлас Сахалинской области». Произведение содержит в 13-ти разделах комплексную информацию о природных условиях и естественных ресурсах Сахалина и Курильских островов [8].

В 1994 г. издан в небольшом количестве и поэтому является библиографической редкостью, «Атлас Сахалинской области. Ресурсы и экономика». Тематика насыщенность значительно сократилась в сравнении с предшественником. В составе карты, содержащие информацию о природных условиях и ресурсах (обзорные общегеографические карты, карты гидрометеорологических условий и ресурсов, земельные ресурсы, биоресурсы суши и моря, карты населения и хозяйства) [10].

Последнее на сегодняшний день комплексное картографическое издание, состоящее из семи глав, охватывающая, только часть области это «Атлас Курильских островов». Труд издан в традиционной бумажной форме, так и на электронном носителе в 2009 г. Разделы содержат информацию о географическом положении островов, различных исторических событиях, геолого-геофизическом строении, полезных ископаемых, рельефе, климатических условиях, водах суши и моря, почвенном покрове, растительном и животном мире, ландшафтах, населении и экономики [7].

Современная изученность отдельных компонентов природной среды региона нашли отражение в узкотематических атласах.

«Геолого-геофизический атлас Курило-Камчатской островной системы» выпущен в 1987 г., и отражает вопросы геолого-геофизической изученности, геофизических полей [35], строения земной коры, сейсмоакустического фундамента и структуры осадочных отложений, современных движений земной коры, вулканизма, сейсмичности и цунами.

В 2000 г. издан «Океанографический атлас шельфовой зоны острова Сахалин» в двух частях.

Первая книга повествует об истории океанографических исследований в шельфовой зоне острова Сахалин, содержит исходные данные, описание принципов формирования баз данных и методики построения карт атласа.

Блок приложений содержит карты местонахождения разрезов и схему районирования шельфовой зоны. Табличные приложения отражают распределение станций океанографических наблюдений. Также располагаются карты и разрезы, на которых отображены многолетние значения в разных глубинных горизонтах и во все сезоны года, таких параметров воды шельфовой зоны острова Сахалин, как температура, солёность, абсолютное и относительное содержание растворенного в воде кислорода и водородный показатель. Приложения содержат схемы районирования шельфовой зоны острова по данным расчетов средних океанологических станций, а также графиков показывающих годовой ход и вертикальное распределение параметров на средних океанологических станциях.

Во второй книге описаны методы производства наблюдений и анализов, некоторые отличительные черты режима вод шельфовой зоны, средние многолетние значения параметров воды шельфовой зоны острова Сахалин на различных глубинных горизонтах и во все сезоны года. Здесь представлены следующие параметры: плотность, фосфориты, нитриты, силикаты. На графиках показан годовой ход и вертикальное распределение параметров на средних океанологических станциях. В пятой главе представлены статистические T,S – диаграммы рассеяния и T,S – кривые средних значений для океанологических станций [105].

«Атлас береговой зоны Сахалина» 2002 г., сконцентрировал сведения о прибрежной зоне Сахалина. На семи картах-схемах иллюстрируются изображения острова Сахалин XVIII–XIX веков. Природные условия и факторы формирования берегов отражаются в таких картах, как структурно-геоморфологическая, литологических комплексов побережья, донных осадков шельфа Охотского моря,

приливов, высоты нагонной волны, районирования цунамиопасности и ледового режима. Блок карт посвящён различным типам морских берегов. Отдельно стоят карты абразивных останцев и изменений берегов в голоцене. Последний раздел атласа уделяет внимание вопросу взаимоотношения человека с морскими берегами. В этом разделе представлены карты минеральных и биологических ресурсов береговой зоны, гидротехнических сооружений, маяков, охраны природы, маршрутов экологического туризма и экологической обстановки [6].

Кроме тематических, издавались и атласы сборники и отдельные топографические и тематические карты различных масштабов [113].

«Атлас Сахалинской области: Топографическая карта масштаба 1:200 000» был выпущен в 1994 г. В первой части располагались карты острова Сахалин, во второй – Курильских островов [11].

«Атлас Сахалинской области» в двух частях масштаба 1 : 100 000 был выпущен в 2007 г. Топографические карты северной части острова Сахалин размещены в первой части, а южной – во второй части [9].

Набор общегеографических карт Сахалинской области был выпущен в 2003 г. В нем представлены карты Сахалинской области в масштабе 1 : 500 000, Южно-Сахалинска и его окрестностей в масштабе 1 : 200 000 и Курильских островов в масштабе 1 : 1 000 000 [102]. Набор карт переиздавался в 2013 г.

Кроме того, стоит отметить выход в свет топографической карты масштаба 1 : 500 000 «Южно-Сахалинск и его окрестности» в 1993 г. [133], туристической карты Сахалинской области в 2007 г. [128] и карты юга Сахалина в масштабе 1 : 100 000 [134].

В 2004 г., тиражом всего в 500 экземпляров, была издана тематическая карта «Лесопатологические районы о. Сахалин». Эта работа состоит из основной карты в масштабе 1 : 1 200 000, трех вспомогательных карт в масштабе 1:4 000 000 и пяти табличных приложений-врезок [76].

Из тематических карт необходимо особо отметить Государственную геологическую карту Российской Федерации масштаба 1 : 200 000 первого издания. Отдельные листы карты издавались с 1966 по 1990 гг. Более полные и

современные геологические сведения отражены в картах второго поколения. Они начали издаваться с 2001 г. К листам прилагаются объяснительные записки, в которых идет речь о геологической изученности, стратиграфии, интрузивных образованиях, тектоники, геоморфологии, полезных ископаемых, подземных водах, оценки перспектив района, а также представлены списки месторождений и проявлений полезных ископаемых [45].

Также «геологическим управлением» и «Сахалинской геологоразведочной экспедицией» были подготовлены множество карт геологической тематики в масштабном ряду 1 : 5 000 000, 1 : 1 000 000, 1 : 200 000, утвержденных Всероссийским научно-исследовательским институтом имени Карпинского [37].

В результате проведенного нами обзора всех изданных географических тематических атласов и топографических карт становится очевидной проблема недостатка тематических карт, несущих информацию о природных условиях и ресурсах в Сахалинской области. Узкотематические атласы и сборники карт издаются эпизодически.

Все вышесказанное свидетельствует о том, что уже давно назрела необходимость в создании, не просто нового комплексного тематического атласа Сахалинской области, в котором была бы отражена современная и актуальная, разносторонняя тематическая информация, включая геоэкологическую, в едином систематизированном произведении [26]. Сегодня уже необходимо произведение более высокого уровня и реализованное с применением геопортальных технологий. Такие данные должны составлять базовые картографические материалы обеспечения мониторинга земель.

Результаты проведенного обзора представлены в таблице 3.1. Проведенный обзор изданных картографических материалов, доступных данных научных организаций и органов государственной власти позволили качественно оценить обеспеченность актуальной информацией обо всех компонентах географической оболочки для формирования массива исходных картографических данных в целях обеспечения мониторинга земель (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Качественная оценка достаточности информации для формирования исходно массива картографических материалов

Тематика данных	Обеспеченность данными		
	Достаточно	Недостаточно	Отсутствуют
<i>Литосфера:</i> Геологическое строение и рельеф	+		
Опасные геологические процессы и явления		+	
<i>Гидросфера:</i> Гидрология моря и суши	+		
Подземные воды	+		
Опасные природные явления		+	
<i>Атмосфера:</i> Климат	+		
Опасные атмосферные явления	+		
<i>Биосфера:</i> Почвы		+	
Растительный мир		+	
Животный мир		+	
<i>Социосфера:</i> Население	+		
Природные ресурсы	+		
Экономика	+		
<i>Экосфера:</i> Охрана природы	+		
Нарушенность и загрязнение земель			+
Экологического риска			+
Экологическая напряженность			+

Как видно из таблицы 3.1 недостатка в актуальной информации для построения карт регионального уровня не ощущается в области знаний о климате и неблагоприятных атмосферных явлениях, геологическом строении, водах суши и моря. Это объясняется большим объемом накопленной, практически на регулярной основе, информации. Не хуже обстоят дела с актуальной информацией и по социально-экономической тематике.

Данных для построения современных карт почвенно-растительного покрова, опасных природных явлениях (вулканизм, сейсмичность) уже недостаточно и требуются дополнительные исследования [62].

Совершенно скудны на сегодняшний день существующие материалы, оценивающие взаимоотношения человека и природы, нарушения и

загрязнения земель, экологического риска, экологической устойчивости экосистем.

### 3.2 Формирование массива данных наблюдений

Наиболее достоверная информация об объектах мониторинга, получается в результате полевых наблюдений. В этом случае недостатками будут являться высокая трудоемкость и стоимость выполнения данного вида работ, что естественным образом снижает возможность применения метода особенно на обширных и труднодоступных территориях.

Информация, получаемая в ходе дистанционного зондирования Земли, все больше пользуется спросом при проведении мониторинга земель любого масштаба, благодаря способности решать разнообразные задачи с минимальными трудовыми и финансовыми затратами [81, 123].

Современные способы ведения наблюдений при осуществлении мониторинга земель не представляется без использования данных ДЗЗ [63, 64]. Распознавание аэрокосмического материала является основой для построения карт оценки состояния земель [68, 75]. Сравнение материалов за разные периоды наблюдений позволяет строить мониторинговые карты, позволяющие оценить динамику изменений территории, а уже на этих данных, основывать прогноз. Космические снимки получают с космических аппаратов, отличающиеся разрешающей способностью, типом получаемых данных, шириной полосы съемки, а также периодом повторной съемки [31]. При этом полевые подспутниковые тематические наблюдения проводить необходимо для обеспечения достоверности результатов дешифрирования снимком.

Одним из перспективных и оперативных полевых методов, позволяющим определять фазу развития вулканических процессов, а следовательно и более уверенно оценивать опасность от сопутствующих вулканических явлений считается рентгенофлуоресцентный метод.

Метод реализуется на основе использования портативных анализаторов, позволяющих в считанные минуты определять химический состав продуктов вулканической активности.

Для решения задач мониторинга земель определены космические аппараты, которые производят съемку с достаточной разрешающей способностью и через необходимый временной интервал съемки для обеспечения наблюдений за тектоническими и магматическими процессами (таблица 3.2). Наблюдения за развитием вулканических процессов в условиях облачности несколько ограничивает использование спутников оптического диапазона. В этом случае выходом из сложившейся ситуации может быть использование спутниковых снимков радиолокационного диапазона.

Таблица 3.2 – Характеристики спутниковых аппаратов, обеспечивающих мониторинг земель в условиях воздействия активных тектонических и магматических процессов [56]

Уровень наблюдений	Источник спутниковой информации	Периодичность (количество съемок в сутки)	Разрешающая способность, м	Ширина полосы съемки, км
Глобальный	Terra, Aqua; NOAA; Suomi NPP	1–2	250–1000	2300
		3–4	1100	3000
		1–2	375 / 750 на краях полосы	3000
Региональный	Landsat 8	1 в 16 дней	PAN-15 / MS-30–100	185
	Sentinel-2	1 в 2–3 дня	PAN-10 / MS-60	290
Локальный	SPOT 6/7 Radarsat-2	1	1,5 PAN / MS-6	60
		1–6	1–100	18–500

Связующим звеном между источником спутниковой информации и БД мониторинговой информации, в которой осуществляется хранение, и анализ данных является региональная станция приема. Выполнить задачу по приему данных возможно применяя аппаратно-программный комплекс – станцию УниСкан или ее аналоги. Станция этого типа осуществляет в режиме реального времени прием данных в радиусе до 2500 км, как с российских (Канопус В,

Метеор-М, Ресурс-П), так и с космических аппаратов иностранного производства (Terra, Suomi NPP, FengYun-3, SPOT, EROS-B, Landsat, Sentinel, KOMPSAT, RADARSAT и других).

### 3.3 Технологическая схема комплексного мониторинга земель

Проведение мониторинга земель в условиях интенсивного тектонического и магматического воздействия должно быть обеспечено разработкой четырех базы данных (БД), структурно входящих в банк данных (БнД).

Особенностью предлагаемой методики является формирование программно-аналитического комплекса, который обеспечивает функционирование БД и состоит из пяти блоков, необходимых для работы с массивами исходных данных картографического обеспечения и фактических наблюдений.

После прохождения процедур сбора и подготовки, эти данные сохраняются в БД о «компонентах среды» и о «природно-техногенных процессах» соответственно. Далее информация из этих БД используется блоком «анализа текущего состояния» для оценки состояния земель. Блоком «оценки динамики состояния земель» путем сопоставления карт текущего состояния с извлеченными картами из БД «архивных материалов», подготовленными за предыдущие периоды наблюдений, составляются карты изменения состояния земель. По мере накопления сведений о скорости развития процессов, изменяющих состояние земель, блоком «прогнозирования изменения состояния земель» подготавливаются прогнозные карты.

Через блок «интерфейс пользователей» осуществляется связь с пользователями (заказчиками), производится прием заказов и выдача информации о состоянии земель в необходимой пользователю форме (оперативных сводок, карт в цифровом и распечатанном виде).

Функционирование БнД комплексного регионального мониторинга земель обеспечивается необходимым набором программно-аппаратных средств по

получению, обработке, хранению и извлечению информации из соответствующих БД. Структура разработанной методики наглядно отражена в виде технологической схемы (рисунок 3.1).

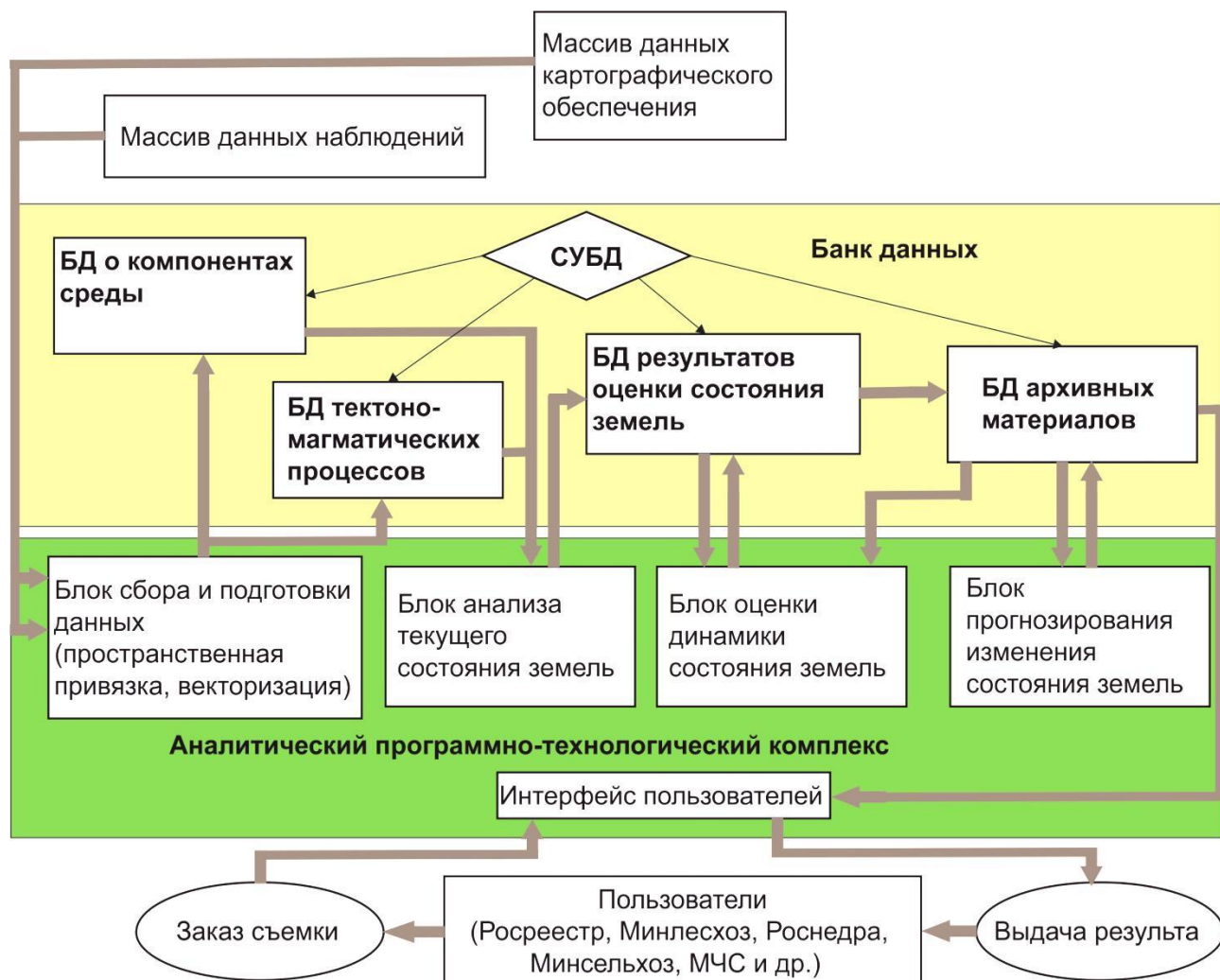


Рисунок 3.1 – Технологическая схема комплексного мониторинга земель в условиях воздействия активных тектонических и магматических процессов

### 3.4 Периодичность наблюдений

Природа тектонических и магматических процессов крайне сложна. Поэтому по настоящее время не существует методических решений, позволяющих определить точное время, место и характер явлений. Проведенные нами исследования позволяют выработать следующие рекомендации к организации режимных наблюдений этих процессов.

Эффективным, с точки зрения информативности и экономически целесообразным, мониторинг земель в условиях воздействия тектонических и магматических процессов может быть только многоуровневым.

Рационально организовать три уровня наблюдений за проявлениями тектонических и магматических процессов: глобальный, региональный и локальный. Такое разделение соответствует возможностям работающих на орбите космических спутников передавать качественные снимки, их дешифрирования с представлением результатов в картографическом виде.

На глобальном уровне необходимо вести ежедневные наблюдения за проявлениями тектоно-магматических процессов. Оценить изменения состояния земель на таком уровне проблематично. Главная задача наблюдений это своевременное обнаружение масштабной активизации процессов. В этом случае рекомендуется фиксировать состояние с периодичностью два раза в сутки.

Региональный уровень соответствует масштабу 1 : 200 000, и обеспечивается спутником Landsat или аналогичным по характеристикам. Достаточная периодичность наблюдений составляет два раза в месяц. На данном уровне уже возможно производить оценку изменения состояния земель.

Наблюдения на локальном уровне весьма затратные и переходить к нему следует только в случае вероятной угрозы населению от выявленных проявлений тектонических и магматических процессов на более высоких уровнях мониторинга.

Для более оперативного ведения мониторинга проявлений тектоно-магматических процессов и понимания механизма их развития необходимо закладывать тестовые участки с комплексом полевых исследований в наиболее опасных районах. Эти меры позволят более достоверно проводить дешифрирование спутниковой информации по оценке состояния земель и степени опасности от развития негативных процессов.

### 3.5 Структурирование данных

Информация проектируемой БД о компонентах среды должна отражать современную изученность территории, что позволит более эффективно выявлять причины, приводящих к изменению состояния земель, и оперативно подготавливать тематические картографические материалы, тем самым полноценно обеспечивать мониторинг земель исходными данными.

Структуру БД необходимо построить на геосистемном подходе. По большей части данные отражают современную изученность территории (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Структура БД о компонентах среды

1. ЛИТОСФЕРА	
Тектоническое районирование	Карта магнитного поля
Сейсмическое районирование	Карта гравитационного поля
Карта вулканов	Карта тепловатого потока
Стратиграфическая карта	Морфоструктурная схема
Карта четвертичных отложений	Орографическая схема
Гидрогеологическая карта	Гипсометрическая карта
Карта экзогенных геологических процессов	
2. АТМОСФЕРА	
Помесячные карты выпадения осадков	Схема траекторий прохождения циклонов по сезонам
Помесячные схемы атмосферной циркуляции	Помесячные схемы ветрового режма
3. ГИДРОСФЕРА	
Речная сеть	Водоемы
4. БИОСФЕРА	
Почвенная карта	Карта растительных сообществ
5. ТЕХНОСФЕРА	
Объекты промышленности	Объекты инфраструктуры
Особо охраняемые природные территории	Административное деление
Населенные пункты	

БД тектоно-магматических процессов состоит из двух частей. В первой части содержится информация о известных и потенциально опасных объектах. Вторая часть формируется из массива данных фактических наблюдений на разных уровнях, а также материалов исследований в тестовых районах (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Структура БД тектоно-магматических процессов

ОБЪЕКТЫ С ПРОЯВЛЕНИЯМИ АКТИВНОСТИ	ОПЕРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ
Активные вулканы	Космоснимки – глобальный уровень
Активные разломы	Космоснимки – региональный уровень
Очаги землетрясений	Космоснимки – локальный уровень
	Данные наземных наблюдений

БД результатов оценки состояния земель содержит результаты оценки текущего состояния, динамики изменений, прогноза изменений состояния, а также оценку потенциальной опасности от развития отдельных явлений, связанных с развитием тектонических и магматических процессов (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Структура БД результатов оценки состояния земель

Оценка состояния за последнее наблюдение	Прогноз изменения состояния
Оценка динамики изменения состояния	Оценка опасности

База данных архивных материалов содержит результаты оценок состояния земель за предыдущие периоды наблюдений, а также результаты исследований в тестовых районах.

Таким образом, сформированные и реализованные в информационной системе базы данных позволят обеспечить мониторинг земель исходной геопространственной (карты, каталоги и другое) информацией о тектонических и магматических процессах.

### 3.6 Распознавание проявлений тектонических процессов

В зонах очага сильных землетрясений возникают разрывные смещения. Часто на поверхности проявляются в виде линейных сеймотектонических дислокаций (сейсморвы, уступы и микрограбены), протирающихся на сотни километров. Дислокации обычно выражаются в четких резких формах глубиной до 20 м. Отмечается несогласованность их простираения с протяжением эрозионных,

аккумулятивных и структурно-денудационных форм мезо- и микрорельефа. Разрывные нарушения приурочены в пространстве к следующим геоморфологическим элементам: вдоль местных водоразделов, нередко секут склоны крупных долин, пересекают боковые долины, террасы рек и конусы выноса [54].

Материалы ДЗЗ активно используются при установлении сейсмоактивных зон активных разрывных нарушений. Раннее обнаружение потенциально сейсмически активных районов служит основой для составления прогноза тектонических процессов [143, 157]. Выявлению сейсмоактивных зон возможно по формам рельефа, образованных в результате сильных землетрясений. Все формы рельефа объединяются в две группы. Первая – сеймотектонические структуры. К ним относятся дислоцированные части горных хребтов и впадин, выдавленные клинообразные участки горных пород, дамбы и уступы в речных долинах, сейсморвы, сколы горных вершин, перекосы в виде ступеней на склонах. Вторая группа – сейсмогравитационные структуры. К ним относятся обвалы, клинья обрушения, оползни горных массивов, земляные потоки, трещины отседания на склонах.

Одним из предвестников тектонических сотрясений, выявляемых средствами ДЗЗ, способными снимать в тепловом диапазоне считается аномальные увеличения температуры района за 1–2 недели до события. По причине усиления выхода различных газов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и других) изменяется температура и химический состав воздуха в приземном слое, что отражается в изменении прозрачности атмосферы. Спектральные характеристики земной поверхности изменяются за счет и изменений таких параметров как температура, влажность, водонасыщенность, трещиноватость, окислительно-восстановительных реакций в зоне активного разлома.

Напряженно-деформативное состояние, а также амплитуду деформации возможно установить при сопоставлении снимком радиолокационного диапазона. Серии многозональных космических снимков позволяют выявлять изменения гидрогеохимического режима, непосредственно связанного с деформациями

земной коры в районе. По наблюдениям локального уровня имеется возможность установления уровня подземных вод, индикатором которого являются особенности почвенно-растительного покрова в совокупности с рельефом.

Исследование по серии снимков линейных и дугообразных элементов рельефа (линеаментов) позволяет выявлять изменения напряженно-деформационного состояния коры. Выделяют стабильные линеаменты, дешифрируемые по линейным элементам рельефа (валы, складки, овраги, русла рек, дайки) и спрямленным границам ландшафтов (леса, полей, стратиграфических толщ). Динамические линеаменты обусловлены чередованием зон сжатия и растяжения коры. Они лучше себя проявляют в зонах трещиноватости и разрывных нарушений. Индикатором тектонических подвижек являются закономерные изменения показателей динамики линеаментов (отношение суммарных длин). Выявлена прямая зависимость перестройки полей напряжений и деформаций, которая сопровождается перестройкой структуры поля линеаментов, от энергетической характеристики тектонической дислокации.

Установить расположение активных разломов позволяет также построение роз-диаграмм региональных линеаментов и линий вытянутости роз-диаграмм локальных линеаментов. Максимальная плотность продольных региональных линеаментов во время подготовки к сейсмическому событию особо характерна для прибрежных районов Тихого океана [54].

### 3.7 Распознавание проявлений магматических процессов

Непосредственное воздействие на земли среди магматических процессов оказывают активные вулканы. Самым первым легко распознаваемым признаком являются выбросы газа и пепла. Хорошо распознаются в тепловом диапазоне термальные аномалии. На базе Южно-Сахалинской научно-исследовательской станции приема и обработки спутниковой информации (ЮСНИС) СахГУ организован регулярный прием данных с Terra, Aqua, NOAA (рисунок 3.2) [154].

По характеру извержений и продуктов деятельности выделяют три категории: эффузивные извергают преимущественно жидкую лаву; взрывные извергают много газа с паром и мало лавы; пирокластические характеризуются выбросами лавы, твердых и газообразных продуктов.

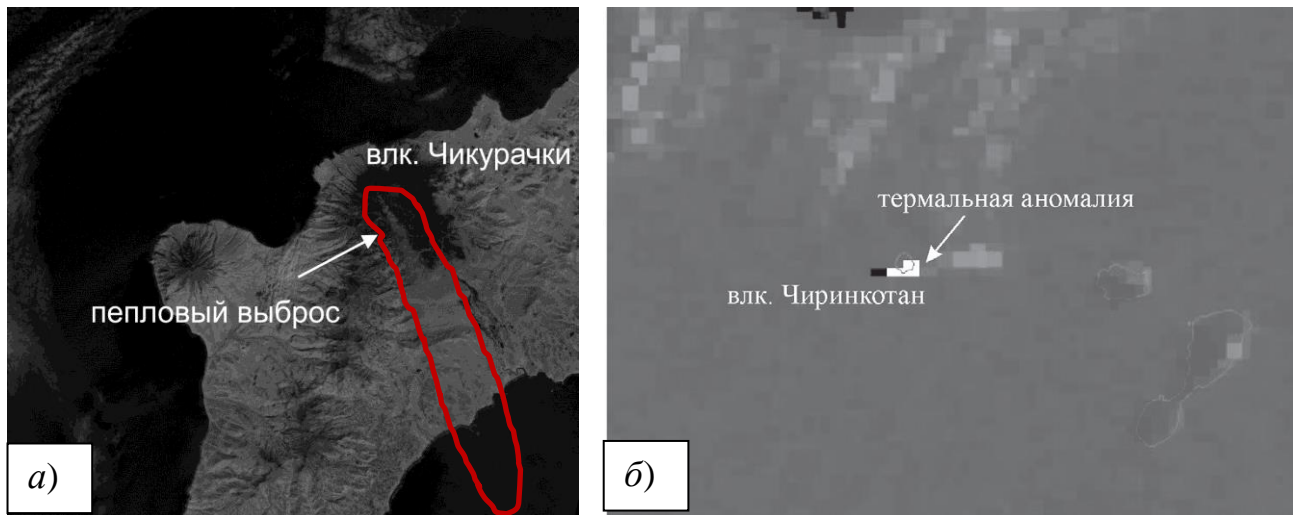


Рисунок 3.2 – Вулканическая активность по данным спутниковых аппаратов:

а) Landsat 8; б) NOAA

*Признаки эффузивного вулканизма.* Гладкие лавы при вытекании из-под свода лавовой трубы лава протекает под кровлей, тем самым все неровности свода отражаются на поверхности в виде параллельных борозд. Лавы образуют длинные полосы, протягивающиеся от истоков вторичных лавовых бокк. Визуально на снимке создается серый мелкозернистый рисунок. Параллельные полосы на всем протяжении рисунка. Индекс серого 175–200. Черных пикселей 25 %, серых 60 %.

Плоскоглыбовые лавы. Поперечник обломков твердеющей корки превышает их толщину. При замедлении потока растрескиваются, плиты сталкиваются, поворачиваются, надвигаются друг на друга, образуя торосистую поверхность. На снимке крупнозернистый неоднородный фон. Цветовая вариация от черного к белому. Индекс серого 0–250. Черных пикселей, расположенных неравномерно до 30 %, серых до 45 %, белых до 19 %.

Канатные лавы образуются при торможении верхней части потока, тогда как жидкая лава продолжала течь под ней, собирая корку в складки. Складки вертикальные или наклонные, дугообразно изогнуты по течению. На снимке крупнозернистая структура рисунка. Возможны дуги. Четко выражено распространение. Цвет серый-черный. Индекс серого 212–114. Черных пикселей до 10 %, серых до 53 %, белых до 14 %. Расположены равномерно по дугам.

Тюбиковые лавы. В зависимости от степени пластичности выжатой лавы формы трансформируются или сохраняются. Выжатая лава может изгибаться и складываться. Поверхность раздробленная. Встречаются шаровые выжимки. На снимке неравномерно расположенные крупные зерна, штрихи. Приурочены к черным пятнам. Цвета от черного к серому. Индекс серого 132–25. Черных неравномерно расположенных пикселей до 32 %, серых до 41 %, белых до 3 %. Черные пиксели оконтурены белыми.

Шлаково-мелко-глыбовые лавы. При медленном ускоряющемся течении лавы в русле шириной 4–5 м и мощностью 30–50 см образуются трещины разрыва вдоль всего русла. Трещины расчленяют поверхность потока на отдельные. При растекании потока вширь корка потока разрывается и плоские глыбы растаскиваются в направлении, поперечном к оси потока. На снимке мелкозернистая однотонная сетка образованная растрескиванием поверхности. Полосы перпендикулярны направлению потока. Цвет меняется от серого к белому. Индекс серого 234–132. Черных пикселей до 4 %, серых до 34 %, белых до 46 %. Белые пиксели расположены равномерно через 6–7 пикселей.

*Признаки эксплозивного вулканизма.* Пемзовые пирокластические потоки представлены отложениями большого объема. Образуются при коллапсе эруптивной колонны в процессе длительного извержения. Состав кислый. Отложения малого объема, образованного коллапсом эруптивной колонны в процессе коротких извержений. Состав андезиодацитовый. Отложения не сортированы, содержат лапилли и глыбы до 1 м в диаметре. Пемзовые обломки скапливаются в верхней части потока, литокластические обломки тяготеют к подошве. Тонкозернистый базальный слой находится в основании потока.

Отложения небольшого объема (0.001 до 1.0 км<sup>3</sup>) заполняют долины, отложения значительного объема (1–100 км<sup>3</sup>) образуют покровы. На снимке пемзовые отложения тефры перекрывают дно долин с образованием ровного светлого тона изображения. Небольшая зернистость наблюдается на снимках с высоким разрешением. Вблизи эруптивного центра структура зернистая. Фототон становится светло-серым из-за наличия теней от глыб на поверхности потока. Индекс серого 145–90. Редко встречаются небольшие темные пятна серого – темно-серого тона (индекс 175–145). Вблизи эруптивного центра количество пикселей темно-серого тона увеличивается.

Шлаковые пиропотоки составляют отложения малого объема, образующиеся так же, как и пемзовые потоки. Состав от базальтов до андезитов. Несортированные отложения залегают согласно с рельефом, содержат лапилли и шлаковидные обломки размером до 1 м в поперечнике. Тонкозернистый базальный слой находится в основании потока. Встречаются обломки древесины и фумарольные трубки. На снимке структура ровная, изредка встречаются зерна серого тона, обусловленные наличием теней от обломков. Фототон почти белый. Отчетливо дешифрируется уступ фронта потока. Преобладает ровный серый фототон (индекс 145–170). По всей площади отложений разбросаны мелкие зерна темно-серого – черного фототона (170–185).

Пиропотоки пористых андезитов составляют отложения малого объема, состоящие из пористых угловатых андезитовых обломков и пепла. Несортированные пепловые отложения залегают согласно с рельефом, содержат лапилли, блоки и бомбы андезитов различной пористости. На фоне ровного серого тона поверхности пеплового потока выделяются отдельные блоки и бомбы резургентного материала. Отчетливо видны тени. На снимке ровный серый – темно-серый фототон. Индекс 145–175. Структура преимущественно мелкозернистая.

Эксплозивный ряд представлен отложениями малого объема, которые образуются при эксплозивном коллапсе купола или лавового потока. Состав андезитовый или дацитовый. Несортированные пепловые отложения залегают

согласно с рельефом, содержат большие, в основном непористые блоки родственных пород, которые могут достигать 5 м в диаметре. На фоне светлосерой ровной пепловой поверхности просматриваются глыбы, их тени. Виден уступ фронта потока, выделяются бортовые валы. На снимке фототон с индексом 90–145. На поверхности много темных пятен серого – темно-серого тона (индекс 145–175).

*Признаки экструзивного вулканизма. Выжатые купала.* Поверхность застывает и разрывается под воздействием внедрения магмы. Взрывами отрываются глыбы, дробятся и разбрасываются по сторонам. Подпирающая расплавленная лава вновь заполняет трещины. Периодически прорвавшаяся лава перемещает обломки частей купола. На поверхности куполов выделяются радиально-кольцевые трещины. Их темный фототон обусловлен собственными и падающими тенями. По периферии купола опоясывает плащ глыбовых отложений с различной зернистой структурой. На ИК снимках трещины имеют почти белый тон. На снимке индекс серого 150–200. Количество черных пикселей до 15 %, серых-темносерых пикселей до 80 %. В текстуре изображения выделяются радиальные линеаменты.

Выдавленные купола. Долгое время купала, похожи на многоугольные башни, которые со временем округляются. У подножья куполов накапливаются обвалы отколовшихся глыб. На вершинах куполов могут появляться меньшие выдавленные «каменные иглы». На снимках отчетливо выделяются купола по их многоугольным резко оgranенным очертаниям. Имеются значительные по размерам падающие тени. Индекс серого 120–185. Количество светло-серых пикселей 75 %, остальное черные пиксели.

### 3.8 Выводы к третьему разделу

Разработана методика проведения комплексного мониторинга земель с учетом воздействия отдельных геодинамических факторов (тектоника и магматизм). Методика базируется на использовании самых современных

материалов, составляющих картографическое обеспечение и последних достижений, развития методов получения данных о состоянии компонентов ОПС.

Представленные методические решения в совокупности составляют методику комплексного мониторинга земель, подверженных воздействию тектонических и магматических процессов, практическая реализация, которой приводится в следующей главе.

Определены основные признаки проявлений тектонических и магматических процессов.

## 4 РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ АКТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ И МАГМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

### 4.1 Адаптация разработанной методики к геоинформационным технологиям

Вся информация о состоянии земель аккумулируется в Государственном фонде данных государственного экологического мониторинга, отражается в докладах «О состоянии и использовании земель» и «Об экологической ситуации и об охране окружающей среды». К сожалению все это не обеспечивает доступа к данным о состоянии земель в информативном виде для пользователей и не способствует скоординированной работе государственных структур в рамках государственного мониторинга земель регионального уровня. Решить эту задачу возможно на основе геопортальных технологий координационным аналитическим центром. На сегодняшний день, не представляется возможным работа систем мониторинга земель без использования ГИС-технологий, обеспечивающих точную пространственную привязку [140, 141]. Работу регионального мониторинга земель можно обеспечить только созданием высокоточных систем геоинформационного картографирования с оперативным обновлением БД на основе ДЗЗ [156], подтвержденных наземными исследованиями и с использованием современных ГИС-технологий. Интересны и полезны в этом отношении идеи [1, 38, 57–60, 132, 144] об информационной модели государственного земельного надзора.

В рамках диссертационной работы произведена адаптация разработанной методики для работы с геоинформационными технологиями и реализация в виде отдельных проектов. Из известных и наиболее распространенных программных продуктов в работе используется ArcGIS 10.1 компании ESRI [33]. Данный выбор обоснован широким функционалом по сравнению с MapINFO, ГИС панорама.

Геоинформационная система, как система это всегда набор упорядоченных и закономерно построенных тематических слоев. Увязать местоположение точек

на местности и в виртуальном картографическом пространстве позволяет правильно настроенная математическая основа проекта.

*Настройка математической основы.* Фигуру, ограниченную уровневой поверхностью вод мирового океана немецкий физик Листиг И. Б. назвал геоидом. Наиболее приближена к реальной форме Земли (геоиду) геометрическая фигура – эллипсоид вращения. В разное время на законодательном уровне закреплены эллипсоиды. Причем их параметры в разных странах не идентичны. Так в Германии используется эллипсоид Бесселя, в Великобритании – Кларка, в США – Хейфорда. В 1984 году по данным анализа спутниковых измерений был вычислен Международный эллипсоид WGS-84 (World Geodetic System) [16, 131].

В России до 1942 г. использовался эллипсоид Бесселя. В 1940 г. вычислены более точные параметры эллипсоида. Работы выполнены группой ученых во главе с Красовским Ф. Н. [4]. Эллипсоид Красовского был принят в 1946 г. и сегодня является самым распространённым в России и на всем постсоветском пространстве [14].

Большинство карт, которые являются основными источниками растровых данных для построения электронных карт в ГИС-проектах Сахалинской области и иных географических атласов России, построены на референц-эллипсоиде Красовского. Для удобства работы с полученными картами было бы логично использовать давно общепринятый в нашей стране эллипсоид Красовского.

Такой элемент математической основы, как картографическая проекция так же требует особого внимания при ее выборе для конкретной отображаемой на картах территории [22, 118]. Проекция необходима для взаимосвязи геодезических широты и долготы с прямоугольными координатами на карте [15].

Главная задача, которая стоит при выборе проекции карт, заключается в достижении наименьшей величины искажений длин, площадей, углов и их распределения по территории. Выбранная исходная проекция не будет константой в неизменном виде. Данные системы геоинформационного картографирования всегда можно перепроецировать под конкретные нужды пользователя, используя возможности ArcGIS.

В работе при подготовке карт в масштабе мельче 1 : 1 000 000 выбрана Нормальная коническая равнопромежуточная по меридианам проекция, при более крупном картографировании – поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса-Крюгера (Поперечная проекция Меркатора), которая применяется для построения топографических карт в России. Эта проекция подобна проекции Меркатора, но в данном случае цилиндр разворачивается не вокруг экватора, а вокруг одного из меридианов. Результатом является равноугольная проекция, которая не сохраняет правильные направления. Искажения свойств картографируемых объектов минимальные по центральному меридиану. Использование проекции наиболее подходит для острова Сахалин, поскольку сильно вытянут в меридиональном направлении.

Основные свойства проекции:

- равноугольная, сохраняются малые формы, искажение нарастает при удалении от центрального меридиана.
- локальные углы точны везде.
- точный масштаб вдоль центрального меридиана, если масштабный коэффициент равен 1,0. При установке коэффициента менее 1,0 масштаб будет сохраняться на линиях, располагаемых на равном расстоянии от центрального меридиана [125].

ArcGIS предусматривает всевозможные единицы измерений, но для удобства и обеспечения большей точности измерений за линейные единицы измерения приняты метры, datum ПЗ-90 [32] (рисунок 4.1).

Немаловажным элементом при построении карт в ГИС-проектах является масштаб карт. Карты целесообразно строить единого или в кратных масштаба. Основной используемый масштабный ряд это: 1 : 100 000 – 1 : 1 000 000. Для решения задач, стоящих перед мониторингом земель в Сахалинской области, может потребоваться использование карт, как более крупного, так и более мелких масштабов (рисунок 4.2).

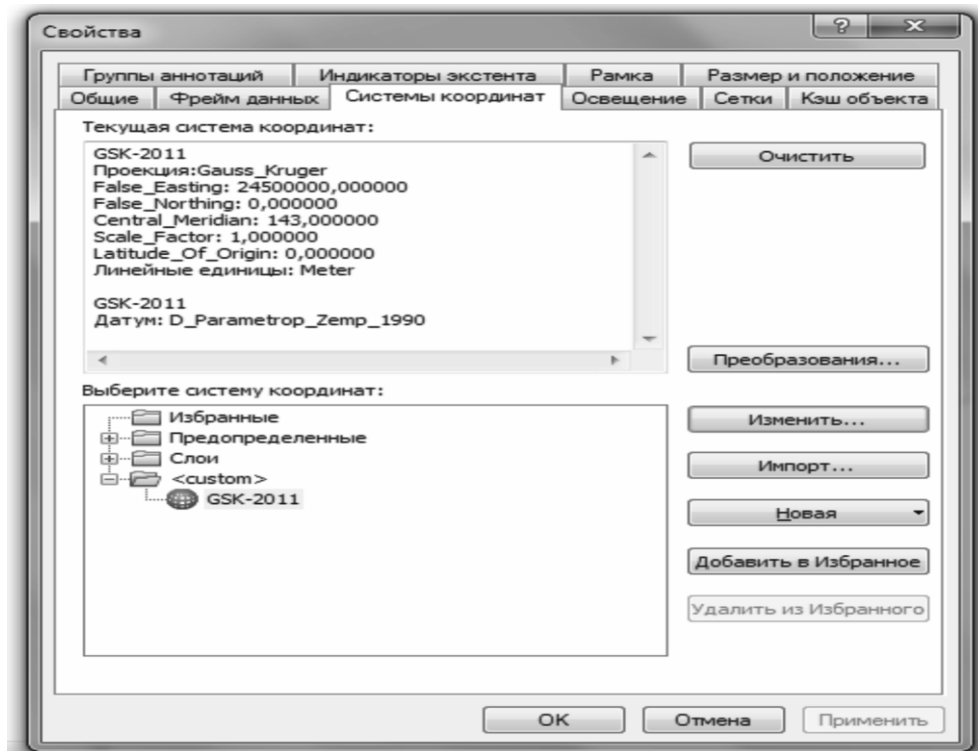


Рисунок 4.1 – Настроенные параметры математической основы в ArcGIS

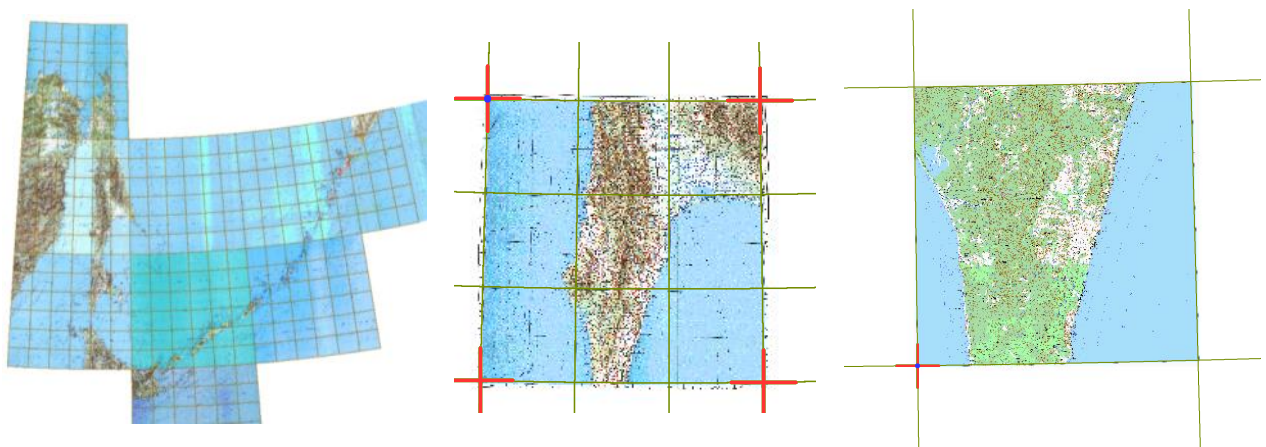


Рисунок 4.2 – Визуализация территории региона разной детализации  
(1 : 1 000 000; 1 : 500 000; 1 : 200 000)

ArcGIS никак не ограничивает пользователей в применении более крупных или же более мелких масштабов, просто это будет отражаться на информационной насыщенности и детальности картографического изображения.

Следующий этап выбора требований к картам системы картографирования – решение вопроса о генерализации. В ArcGIS генерализацию можно проводить

двумя способами. Первый осуществляется через свойства слоя в карте. Эту же операцию можно проводить и с группой слоев. Этим способом можно добиться того, чтобы определенный слой или группа слоев изображались исключительно в крупномасштабном диапазоне, и не перегружала карту в мелком масштабе [101].

Второй вариант генерализации – это использование атрибутивной выборки, как частного, так и более упрощенного способа генерализации. Этим способом можно разгружать мелкомасштабную карту, например, от коротких притоков речной сети или же от густоты изолиний на топографической карте. Инструменты генерализации вычисляют покрытия с меньшей детализацией и сложностью для анализа и представления в уменьшенных масштабах или для особых целей (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Инструменты генерализации и краткое описание в ArcGIS

Инструмент	Описание
Агрегировать полигоны (Aggregate Polygons)	Объединяет несмежные и смежные полигоны в новые площадные объекты в зависимости от расстояния.
Совместить двойные линии в центральную линию (Collapse Dual Lines To Centerline)	Вычисляет центральные линии (одиночные линии) на основе объектов, содержащих двойные линии, например, контуров проезжей части дорог, используя указанный допуск ширины.
Слияние по атрибуту (Dissolve)	Создает новое покрытие посредством слияния соседних полигонов, линий или регионов, которые имеют одинаковое значение для заданного элемента.
Удаление (Eliminate)	Соединяет выбранные полигоны с соседними полигонами, если они имеют большую протяженность общей границы или большую площадь.
Найти конфликты	Находит, где упрощенные здания перекрываются или находятся слишком близко друг к другу, основываясь на заданном расстоянии.
Упростить здание (Simplify Building)	Упрощает границы полигонов зданий, сохраняя при этом их форму и размеры.
Упростить линию или полигон	Упрощает линию или границу полигона, удаляя незначительные отклонения и ступенчатость с сохранением основной формы.

Инструменты поддерживают географические характеристики и целостность данных и соответствуют картографическим нормативам. К примеру, можно сгладить береговые линии или границы, удаляя из них мелкую ступенчатость и

сохраняя при этом основные особенности форм; объекты, находящиеся слишком близко друг от друга, можно агрегировать в пространственные объекты большего размера.

Хотя генерализация является сложной и субъективной задачей и правила определены нечетко, реализована группа инструментов, таких как "Упростить линию или полигон" и "Агрегировать полигоны", чтобы автоматизировать данный процесс и обеспечить общие требования к генерализации в максимально возможной степени. В случаях, где имеются определенные ограничения или нерешенные проблемы, в выходные данные добавляются флаги для обеспечения проверки качества и последующего редактирования или постобработки.

Многие числовые параметры прямо или тесно связаны с пространственными ограничениями, такими как минимальное расстояние или размер объектов, и последствия изменения этих параметров очевидны.

В лучшем случае операция генерализации должны учитывать все связанные или находящиеся поблизости объекты с целью предотвращения или разрешения конфликтов и поддержки пространственных отношений. Каждый инструмент может одновременно использоваться только для одного ввода данных.

Географически система картографирования ограничена территорией Сахалинской области и в ArcGIS располагается в границах координатной сетки:  $40^{\circ}$ – $56^{\circ}$  с. ш. и  $138^{\circ}$ – $162^{\circ}$  в. д. Шаг сетки по широте составляет  $4^{\circ}$  и по долготе  $6^{\circ}$  для карт 1 : 1 000 000, для карт более крупного масштаба шаг сетки будет соответственно уменьшен.

Перед печатью, карту необходимо скомпоновать, то есть разместить на листе само картографическое изображение, название, легенду, диаграммы и другие компоненты. Подготовить к печати можно, как в среде ArcGIS, так и экспортировав изображения в другие программы, например CorelDRAW или Photoshop [25].

Таким образом, обосновано, выбраны параметры математической основы, которые учитываются при создании ГИС-проектов.

*Формирование БД о компонентах среды и тектономагматических процессах.* Для подготовки картографического обеспечения мониторинга земель и наполнения баз данных задействован блок сбора и подготовки данных, предложенный в технологической схеме разработанной методики (рисунок 4.3).

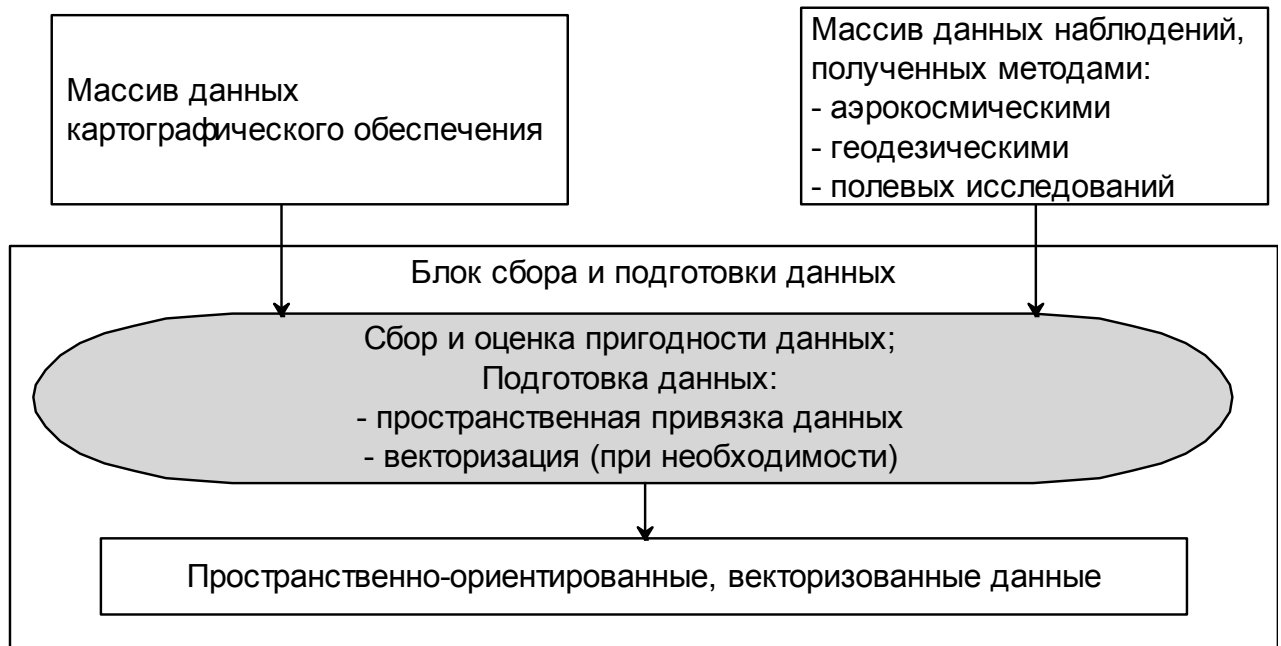


Рисунок 4.3 – Работа блока методики мониторинга земель по сбору и подготовке данных

Исходные данные массива картографического обеспечения (отсканированные и векторизованные карты, фондовые и научно-литературные источники) и массива наблюдений (аэрокосмические снимки, материалы полевых геодезических и тематических исследований) проходят процедуры сбора и оценки пригодности, а также подготовки данных, перед дальнейшим перемещением в соответствующие БД (в формате shape, TIFF).

При реализации экспериментального ГИС-проекта подготовлена векторная географическая основа с использованием топографических карт Генштаба, ГосГисЦентра, ЦМР – SRTM и космических снимков.

Отсканированные или растровые карты по одной загружаются в программную среду ГИС. Предварительно следует обрезать рамки растровой

карты, чтобы они не перекрывали соседний растр при совместном использовании в ArcGIS. Последовательно добавляя следующие растры, выполняются вышеописанные операции. Таким образом, подготавливаются растровые изображения в формате TIF на всю территорию Сахалинской области и прилегающей акватории. К примеру, для подготовки географической основы в масштабе 1 : 1 000 000 были использованы топографические карты генштаба I 54–56; M 54–57; N 53–57; O 53–57; P 55–58.

Добавив растр в проект, его необходимо сориентировать в географическом пространстве, при помощи установки опорных точек в местах пересечения параллелей с меридианами и присваивая точке конкретную координату этого пересечения.

Опорные точки необходимо расставить максимально точно и равномерно по растру, к примеру, через 1°. После выполнения последней операции необходимо выполнить трансформацию, используя метод «полином 2-го порядка», чтобы пиксели растра наиболее точно встали на свое место в пространстве. Полученное изображение с сохраненной географической привязкой используется, как подложка для векторизации.

Общие требования к геоинформационному картографированию отражены в нормативных документах [40–42, 44], современные способы картографирования представлены в работах Blakemore M. [139], Jones C. [148], Антипова И. Т. [5], Лисицкого Д. В. [77,78], Трубиной Л. К. [104], Востоковой А. В. [30]. При построении карт оценки, динамики и прогноза следует руководствоваться [49, 51, 52, 116, 117, 151].

В качестве примера оперативного картографирования приведем алгоритм создания следующих карт (рисунок 4.4): гипсометрическая (рисунок 4.5); топографическая; крутизны склона; экспозиции склонов (рисунок 4.6).

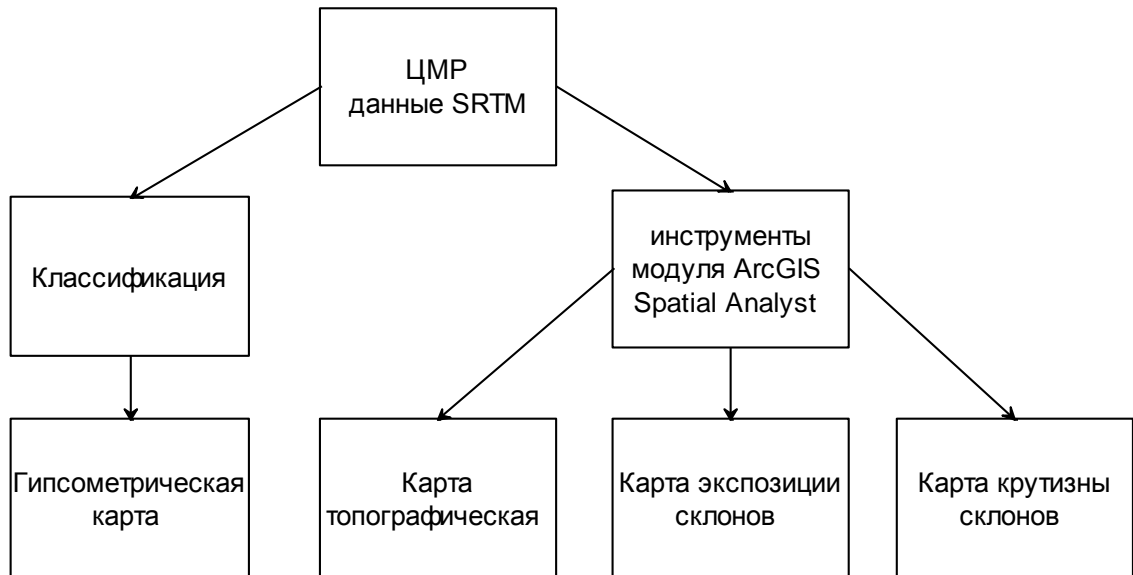


Рисунок 4.4 – Технологическая схема подготовки карт рельефа

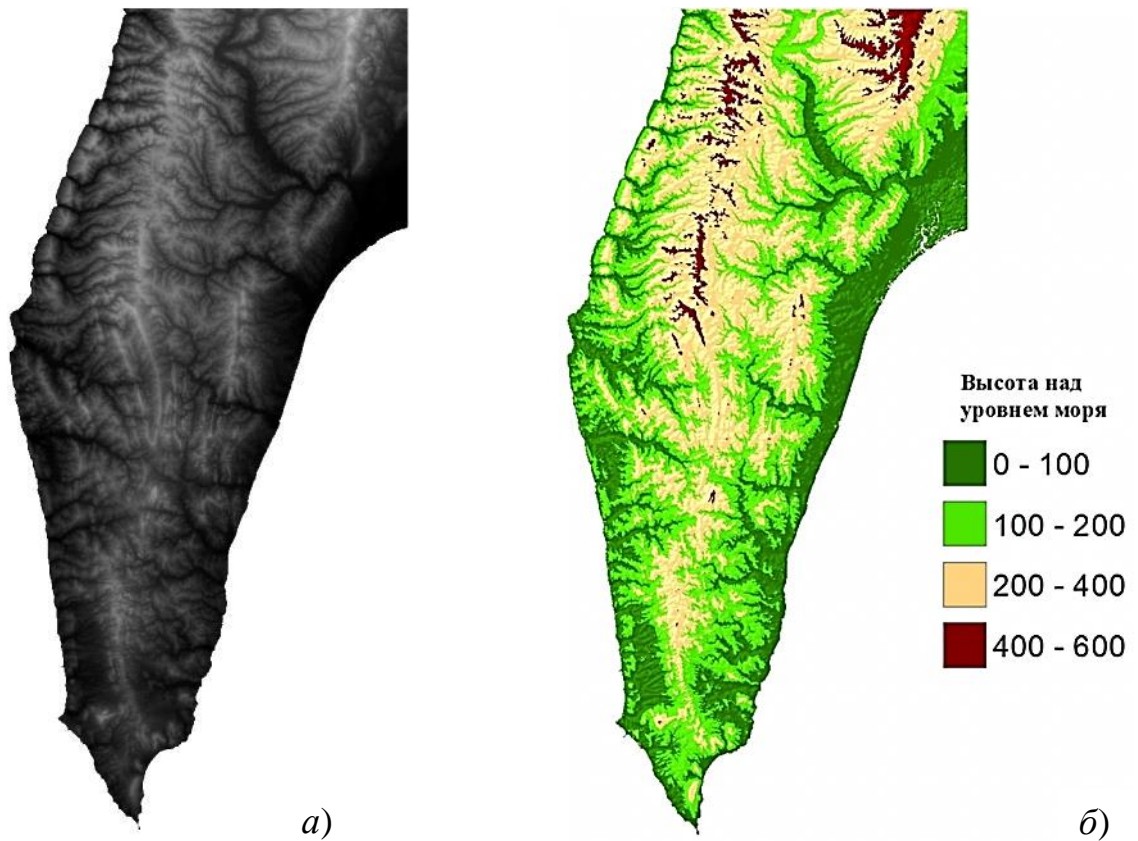


Рисунок 4.5 – Подготовка гипсометрической карты:  
 а) исходные данные SRTM 3; б) результат классификации

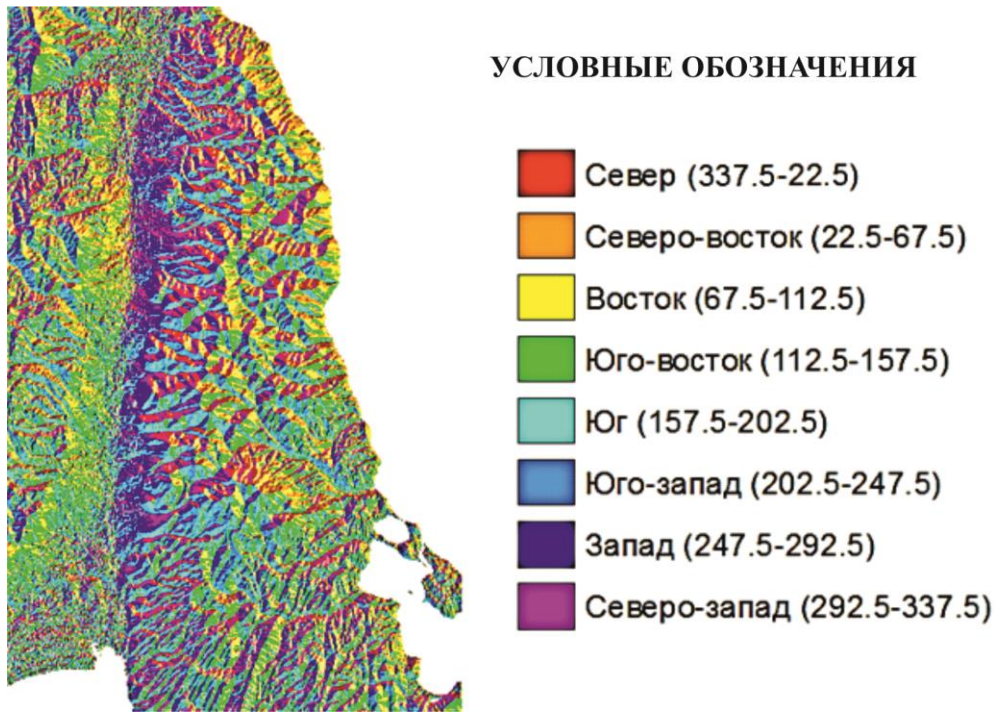


Рисунок 4.6 – Фрагмент карты экспозиции склонов (Сусунайский хребет)

Эти карты построены на основе данных ЦМР – Shuttle radar topographic mission (SRTM) и инструментария ArcGIS. Данные цифровой модели рельефа SRTM на территорию Земли распространяются в свободном доступе. Съемка выполнялась в 2000 г. с борта космического корабля "Шаттл" с применением радарной интерферометрической камеры и двух радиолокационных сенсоров SIR-C и X-SAR. Эти данные пригодны для создания современных топографических карт масштаба 1 : 50 000 и мельче.

В БД заложена информация о природно-территориальных и территориально-производственных комплексов региона в виде тематических векторных слоев и растровых данных. Это позволяет полноценно обеспечивать мониторинг земель исходными геопространственными данными. Информация отражает современную изученность территории, что необходимо для выявления причин, приводящих к изменению состояния земель, и оперативной подготовки тематических карт. Детально структурированы данные о тектонических разломах и вулканической активности (рисунок 4.7).

FID	Shape *	Id	Номер	Название	Высота	Тип	Извержения	Характер
0	Точка	0	0900-01	Головинна	547	К	1848	Ц Эз 1
1	Точка	0	0900-02	Менделеева	890	С	1880	Пб Фр 1
2	Точка	0	0900-02	Менделеева	890	С	С-2250	Ц Эз Пп К
3	Точка	0	0900-02	Менделеева	890	С	1990	2
4	Точка	0	0900-03	Тятя	1822	С	1812	Эз 2
5	Точка	0	0900-03	Тятя	1822	С	1973	Пб Эз Лп 4
6	Точка	0	0900-03	Тятя	1822	С	1978	Фр 2
7	Точка	0	0900-03	Тятя	1822	С	1981	Эз 2
8	Точка	0	0900-03	Тятя	1822	С	1982	Ц Фр 1
9	Точка	0	0900-021	Смирнова	1189	С		
10	Точка	0	0900-08	Баранского	1132	С	1951	Эз 1
11	Точка	0	0900-09	Чирил	1589	С	1843	Эз 2
12	Точка	0	0900-091	Голодец-Торная	442	Кп	голоцен	
13	Точка	0	0900-041	Львиная пасть	528	К	С-9400	Ц Эз Пп 6
14	Точка	0	0900-05	Атсоннури	1205	С	1932	Эз 2
15	Точка	0	0900-05	Атсоннури	1205	С	1812	Эз 1
16	Точка	0	0900-10	Медвежья	1124	СВ	1778	Ц Эз 2
17	Точка	0	0900-10	Медвежья	1124	СВ	1883	Ц Эз Лп 2
18	Точка	0	0900-10	Медвежья	1124	СВ	1946	Фр 2
19	Точка	0	0900-10	Медвежья	1124	СВ	1958	Эз 1
20	Точка	0	0900-07	Иван Грозный	1211	М	1968	Ц Эз 1
21	Точка	0	0900-07	Иван Грозный	1211	М	1970	Ц Эз 1
22	Точка	0	0900-07	Иван Грозный	1211	М	1973	Ц Эз 1
23	Точка	0	0900-07	Иван Грозный	1211	М	1973	Пб Эз 2
24	Точка	0	0900-07	Иван Грозный	1211	М	1989	Ц Эз Лх 2
25	Точка	0	0900-04	Берутарубе	1220	С		

Shape *	Id	Номер	Морфотип	Протяж тип	Протяж
Полилиния	2	1	Надеиговый	Региональный	215
Полилиния	1	2	Сбросовый	Региональный	167
Полилиния	1	3	Сбросовый	Трансрегиональный	612
Полилиния	3	4	Флексурно-разрывный	Региональный	109
Полилиния	1	5	Сбросовый	Региональный	150
Полилиния	1	6	Сбросовый	Региональный	124
Полилиния	1	7	Сбросовый	Региональный	126
Полилиния	1	8	Сбросовый	Субрегиональный	56
Полилиния	1	9	Сбросовый	Региональный	134
Полилиния	2	10	Надеиговый	Региональный	348
Полилиния	2	11	Надеиговый	Региональный	160
Полилиния	1	12	Сбросовый	Региональный	198
Полилиния	1	13	Сбросовый	Региональный	181
Полилиния	4	14	Погребенные разрывы	Субрегиональный	82
Полилиния	1	15	Сбросовый	Субрегиональный	63
Полилиния	1	16	Сбросовый	Субрегиональный	76
Полилиния	3	17	Флексурно-разрывный	Трансрегиональный	746
Полилиния	1	18	Сбросовый	Региональный	141
Полилиния	3	19	Флексурно-разрывный	Региональный	288
Полилиния	1	20	Сбросовый	Региональный	201
Полилиния	4	21	Погребенные разрывы	Региональный	254
Полилиния	4	22	Погребенные разрывы	Региональный	129
Полилиния	1	23	Сбросовый	Региональный	145

Рисунок 4.7 – Структурированные массивы данных о тектонических разломах и вулканической активности

#### 4.2 Оценка состояния земель подверженных воздействию тектонических и магматических процессов

Предложенный в рамках разработанной методики способ оценки состояния земель реализуется блоком анализа текущего состояния на основе разработанной классификации интенсивности воздействия тектонических и магматических процессов на земли Сахалинской области. Способ схематически представлен на рисунке 4.8. Исходные данные для проведения оценки извлекаются из БД о компонентах среды (топооснова) и БД тектоно-магматических процессов (космический снимок). Из этих данных подготавливается первичная схема дешифрирования и векторная географическая основа. Промежуточным результатом является предварительная карта состояния земель. Дальнейшее действия – проведение причинно-следственного анализа негативного состояния земель и обращение к публичной кадастровой карте для выяснения разрешенного использования территории. В случае неоднозначности интерпретации дешифрирования снимка, необходима проверка наземными методами. Также это обязательное действие при обследовании тестовых районов. Итоговым результатом являются карты состояния земель и зонирования территории по степени опасности от вероятного развития негативных процессов.

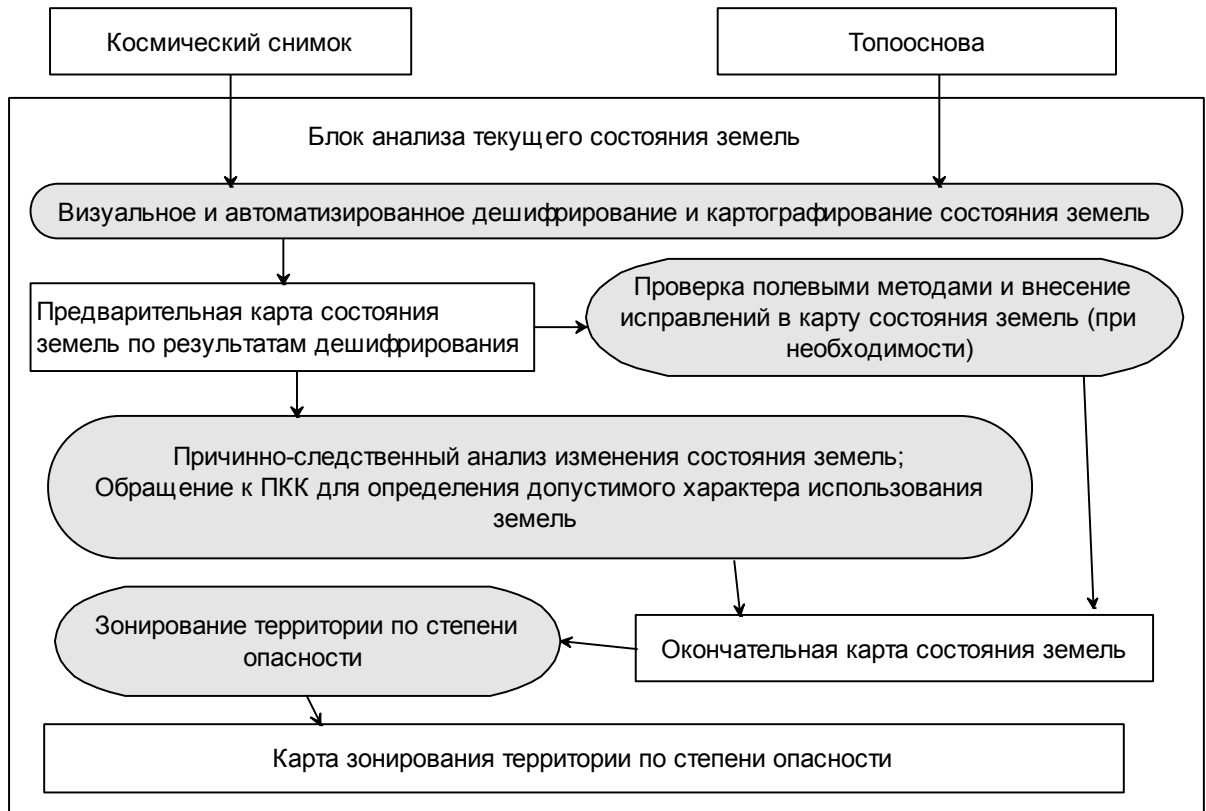


Рисунок 4.8 – Работа блока методики мониторинга земель по анализу текущего состояния земель

Способ апробирован на примере района вулкана Атсонупури (остров Итуруп). По космическому снимку Sentinel-2 [162] составлена схема дешифрирования геоморфологических элементов вулканической постройки – главный и паразитические кратеры, сомма и выраженные в ландшафте лавовые потоки с выделением вероятного направления течения лавы (рисунок 4.9, а-в).

Согласно данным публичной кадастровой карты земли исследуемого района большей своей частью относятся к особо охраняемым природным территориям (ООПТ) и небольшой участок для эксплуатации пограничной заставы. Существенного антропогенного воздействия на земли рассматриваемого района не выявлены. Фактическое состояние земель оценено в соответствии с приведенной в таблице 2.1 классификацией и проверено полевыми наблюдениями (рисунок 4.9, в).



Рисунок 4.9 – Этапы подготовки карт состояния земель и вулканопасности:  
 а) исходный снимок; б) схема дешифрирования; в) картосхема состояния земель;  
 з) зонирование территории по степени вулканопасности

Поскольку район достаточно посещаем туристами и большую часть года в Лесозаводском находятся люди, то имеется необходимость оценки вулканопасности территории (рисунок 4.9, з).

Исследование химического состава северо-восточного и юго-восточного лавовых потоков методом рентгенофлуоресцентного анализа позволяют сделать вывод, что лавовый поток в непосредственной близости от Лесозаводского образовался на более ранних этапах развития вулканической деятельности ( $\text{SiO}_2$  в пределах 47–52 % – базальты). Состав же северо-восточного лавового потока андезибазальтовый ( $\text{SiO}_2$  в пределах 52–57 %), то есть более поздний. Этот вывод подтверждается и стадией сукцессии (в первом случае – древесная растительность, во втором – травянистая). Это свидетельствует о незначительной опасности для Лесозаводского как при излиянии новых лавовых потоков, так и в случае возникновения других вулканических явлений.

Приведем пример оценки земель подверженной тектоническим воздействиям и испытавшее значительное антропогенное изменение. Заказник «Макаровский» расположен в центральной части о. Сахалин. Оценка состояния земель выполнена для реализации базового мониторинга земель ООПТ.

В работе были использованы: космические снимки Landsat, топографические карты, описания растительности и границ заказника, а также данные полевых исследований, проведенных в летнее время. По топографической карте, в процессе векторизации, была создана ЦМР. По описанию нанесены границы заказника.

Карта растительности, полученная в процессе автоматизированного дешифрирования космического изображения территории в программной среде ГИС, позволяет судить о составе и состоянии растительности, характерной для исследованной территории (рисунок 4.10, а).

Изучив неоднородность фототонов серого изображения растительных сообществ произведено зонирование территории заказника по степени антропогенной измененности растительного покрова (рисунок 4.10, б). От

территории ООПТ, составляющей 39148 га, сильно изменены 16,19% площади, средне – 29,6% и слабо – 54,21%.

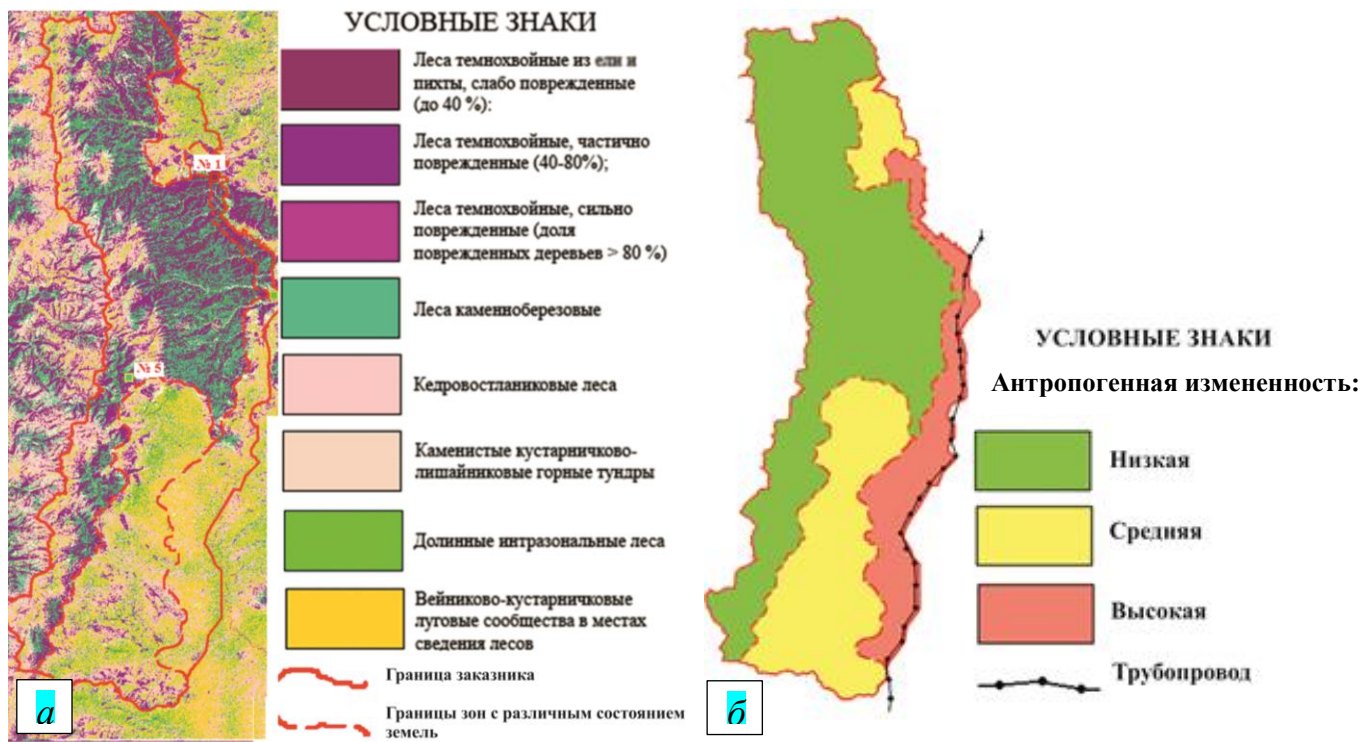


Рисунок 4.10 – Оценка состояния земель ООПТ:

а) результаты дешифрирования космоснимка; б) зонирование территории по степени антропогенной измененности растительного покрова

#### 4.3 Рекомендации по ведению мониторинга земель промышленности

Нефть и газ необходимы в самых разнообразных отраслях любого экономически развитого государства. Для Сахалинской области, как и для Российской Федерации, в целом нефтегазовая промышленность играет очень важную роль, поскольку помимо поставок ресурсов для энергетики области она дает большую часть налоговых поступлений в бюджеты различного уровня, обеспечивает инвестиции и рабочие места, создает добавленную стоимость.

Успешно продолжается реализация проекта «Сахалин-2». Объемы добычи нефти и газового конденсата в 2014 г. составили 14,5 млн. тонн, газа – 28,2 млрд. куб. м, произведено нефтепродуктов в объеме 54,1 тыс. тонн. Объем производства

сжиженного газа (в рамках проекта «Сахалин-2») в 2014 г. составил 10,7 млн. тонн. Отгрузка нефти и конденсата потребителям в 2014 г. составила 14,4 млн. тонн, в том числе на экспорт – 12,8 млн. тонн.

Соответственно, возрастают объемы работ по обеспечению бесперебойной работы производственных комплексов, что приводит к увеличению антропогенной нагрузки на окружающую природную среду (ОПС).

Добыча, транспортировка, переработка и использование этих ценных ресурсов приводят к определенным социально-экономическим и экологическим последствиям [155].

Строительство трубопроводов приводит к значительным изменениям естественных ландшафтов на значительной территории, а его эксплуатация несет в себе риски, которые могут привести к локальной или даже региональной экологической катастрофе [127]. Поэтому необходимо проводить качественные природоохранные мероприятия на всех стадиях производства, проводить комплексный и регулярный мониторинг, чтобы своевременно выявлять возможные негативные последствия для оперативного реагирования в случае необходимости их ликвидации.

Наземные нефтегазопроводы, обеспечивающие работу проекта «Сахалин-2», протянулись с района с Пильтун-Астохского месторождения на севере о. Сахалин, через объединенный береговой технологический комплекс (ОБТК) на юг острова, где расположен завод по производству сжиженного природного газа (СПГ) и терминал отгрузки нефти (ТОН).

Транссахалинский трубопроводный комплекс по транспортированию углеводородов состоит из:

- двух веток (для нефти и газа) трубопровода. Протяженность составляет 160 км, диаметр труб 20 дюймов в отрезке от берегового примыкания Чайво до ОБТК;
- двух многофазных трубопроводов протяженностью 7 км и диаметром 30 дюймов в отрезке от берега до ОБТК;

– газопровода. Протяженность составляет 620 км, диаметр 24 дюйма в отрезке ОБТК–завод СПГ;

– нефтепровода. Длина 620 км, диаметр 24 дюйма в отрезке ОБТК – терминал отгрузки нефти.

Эксплуатация трубопроводов несет значительные риски для земель острова, поскольку его маршрут осложняется прохождением через 19 активных тектонических нарушений, сотни рек, ручьев, горной местности с развитыми слоновыми процессами и другими природными препятствиями.

Трасса трубопроводов протягивается с севера на юг Сахалина, проходит значительное расстояние и проложена в различных природно-климатических условиях, отличающихся геологическим строением, гидрологическими условиями, освоенностью, чувствительностью биогеоценоза к техногенным воздействиям.

На этапах строительства и эксплуатации трубопроводного комплекса на компоненты ОПС (грунты, растительный покров, животный мир, подземные и поверхностные воды, приземной слой атмосферы) воздействовали разнообразные факторы.

Источниками такого воздействия являются: транспортная и строительно-монтажная техника, продукт (углеводороды) перемещаемый по трубопроводу, продукты его горения, теплоотдача от транспортируемой среды так далее [135].

Трассы трубопроводов, созданных в рамках проекта «Сахалин-2», пролегают по территории, подверженной воздействию активных природных процессов. Территория о. Сахалин является одной из наиболее неблагоприятных в России по насыщенности опасных природно-климатических процессов и воздействий: землетрясения, тайфуны, наводнения, обильные снегопады и т. д. Такие процессы способны привести к повреждению трубопроводов, что может привести к негативным, а иногда и катастрофическим последствиям для окружающей среды и населения.

Для обеспечения безопасности и целостности самого нефтегазопровода, так и для снижения его негативного влияния на окружающую природную среду

необходимо проводить комплексный и регулярный экологический мониторинг. Также мониторинг является информационной базой для проведения необходимых работ по снижению негативных процессов возможных при строительстве и эксплуатации трубопровода.

Компанией «Sakhalin Energy Investment Company Ltd.» предусмотрено проведение различных программ по экологическому мониторингу (рисунок 4.11) на разных этапах реализации проекта Сахалин-2 (предстроительный, строительный и эксплуатационный этап).



Рисунок 4.11 – Структурная схема экологического мониторинга по проекту Сахалин-2

Компанией «Sakhalin Energy» активно и всеобъемлюще реализуются программы по экологическому мониторингу, особенно на предстроительном и строительных этапах прокладки нефтегазопровода. На эксплуатационном этапе количество программ не остается прежней, но число наблюдений уменьшается. Это можно объяснить снижением воздействия на природу, и отсутствием надобности в частых наблюдениях при незначительных изменениях состояния компонентов экосистем.

Для снижения риска необходимо четкое представление о возможных последствиях активизации негативных процессов. В целях информационного обеспечения безопасности создаются карты районирования по степени возможной опасности. Наибольшую опасность для урбанизированных территорий Сахалинской области представляют землетрясения, приносящие огромный материальный ущерб и человеческие жертвы. Это подтверждается произошедшими в последние годы крупными землетрясениями

Примером таких карт являются карты общего сейсмического районирования 2012 г. (ОСР-2012) с нанесенными на них трассами трубопроводов (рисунок 4.12). Максимальная интенсивность сейсмических сотрясений (I, баллы) с различной вероятностью возможного превышения в течение 50 лет и периодом повторяемости: А – 39 % 100 лет; В – 10 % 500 лет; С – 5 % 1000 лет; D – 2 % 2500 лет; E – 1 % 5000 лет; F – 0.5 % 10000 лет. Составлено по данным ОСР-2012 с изменениями.

Комплект карт с нанесенными на них трассами трубопроводов проекта «Сахалин-2» составлен на основе ОСР-2012. Комплект содержит шесть карт, отражающих различные уровни сейсмической опасности (А, В, С, D, E, F).

Различные карты показывают уровни возможного превышения с вероятностью 39; 10; 5; 2; 1; 0,5 % указанной на этих картах интенсивности сейсмических сотрясений, на средних грунтах (грунты второй категории, по СП 14.13330.2014. «Строительство в сейсмических районах») в течение 50-летних периодов. Периодичность землетрясений с превышением определенной интенсивности определена: один раз в 100 лет в среднем (карта А), один – в 500 (карта В), один – в 1000 (карта С), один – в 2500 (карта D), один – в 5000 (карта E), один – в 10000 лет (карта F).

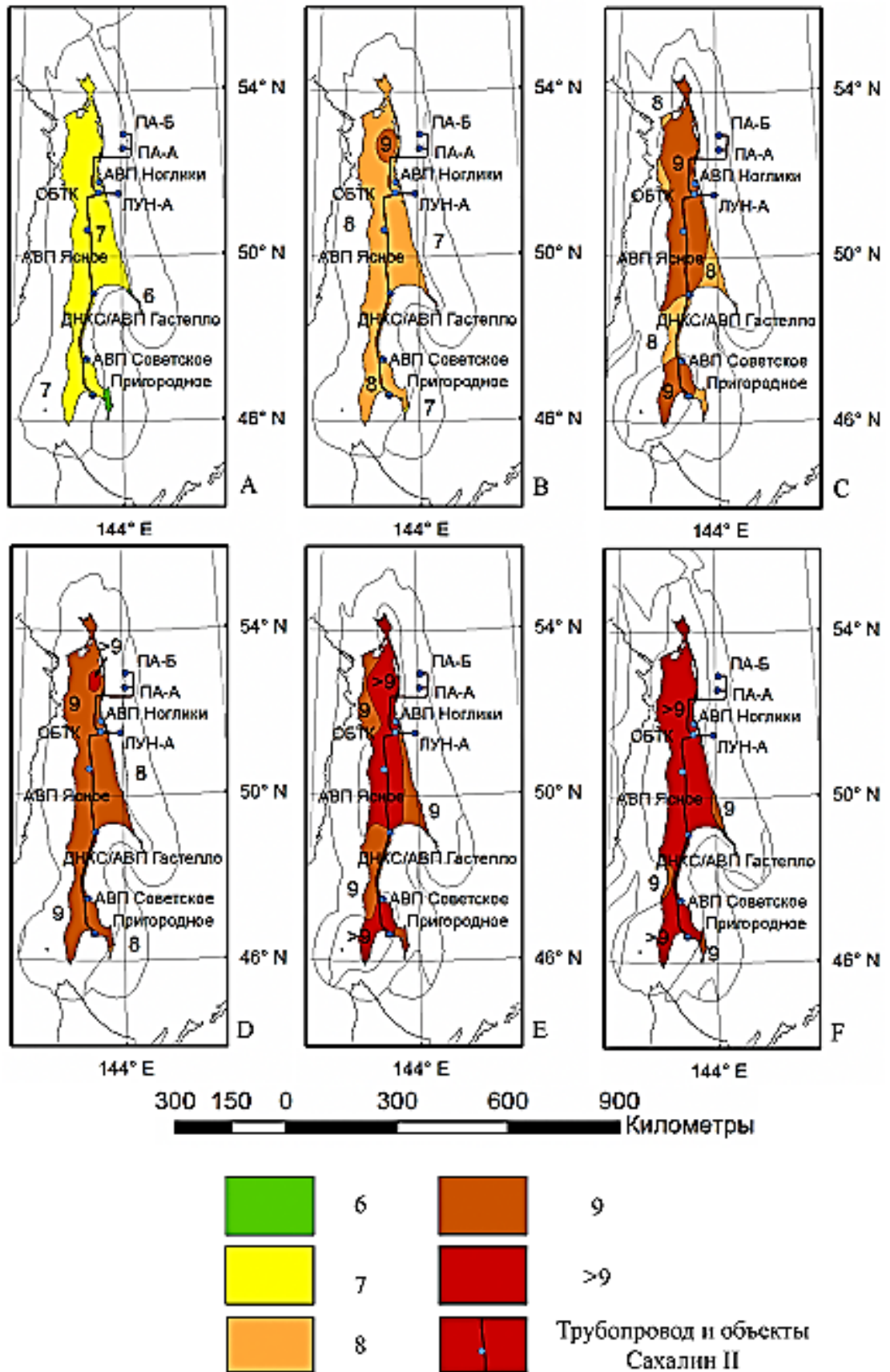


Рисунок 4.12 – Общее сейсмическое районирование территории Сахалина по данным ОСР-2012

В зависимости от задач, степени детальности и масштаба исследований сейсмическое районирование может быть общим (ОСР), масштаб 1 : 5 000 000 – 1 : 2 500 000), детальным (ДСР), масштаб 1 : 500 000–1 : 100 000) и микросейсмическим (СМР), масштаб 1 : 50 000 и крупнее). Детальные карты ДСР и СМР, учитывающие локальные сеймотектонические, сейсмические, грунтовые и другие природные условия должны составляться на основе карт ОСР. Карты ОСР позволяют определить участки трубопроводов, подверженные максимальному сейсмическому риску, и выявить территории для детального районирования.

Следующий весьма важный элемент экосистем Сахалина – реки. Решению задач, направленных на обеспечение сохранности этих экосистем в программах мониторинга уделяется особое внимание. Здесь нужны постоянные наблюдения за состоянием русел в местах нарушенных строительством трубопровода, а также за состоянием берегозащитных сооружений.

В ходе фоновых исследований и предстроительного мониторинга (2003–2005 гг.) было собрано большое количество данных по физическим и биологическим характеристикам водотоков, которые должны были пересечь трубопроводы.

Изучались гидрологические особенности 32 рек, отнесенных «Сахрыбводом» к водотокам средней или потенциально высокой экологической чувствительности. В рамках программы мониторинга выполнена установка реперов и датчиков на 10 реках для определения характеристик течения и эрозии берегов на участках с развитием процессов меандрирования. На 32 реках были выполнены гидрохимические исследования: измерены уровни рН и растворенного кислорода, концентрация взвесей, нефтепродуктов, температура воды. На 27 реках был выполнен отбор проб ихтиофауны в трех выбранных точках: в 100 м выше по течению от зоны перехода; в зоне перехода (в зависимости от характеристик площадки); в 500 м ниже по течению от зоны перехода. Также на 27 реках изучен бентос: отбор образцов беспозвоночных производился в 4 местах: в 50 м выше по течению, в зоне пересечения, в 20 м и 150 м ниже по течению,

осуществлен анализ до уровня отдельных видов. Полевая рекогносцировочная съемка выполнена на 432 реках, которые являются объектами рыбохозяйственной деятельности (определены «Сахрыбводом»), для выявления наличия и величины нерестилищ лосося в зоне пересечений трубопроводами и вблизи от них.

В ходе строительства трубопроводов целью мониторинга был сбор данных о взмучивании в процессе прокладки труб в зоне пересечения и определение характера перемещения взвесей. Для этой цели измерялись концентрация взвешенных веществ, мутность воды и скорость течения реки. Мутность воды определялась в полевых условиях при помощи портативных мутномеров.

В рамках программы мониторинга после завершения строительства выполняются следующие исследования: изучение морфологии рек, гидрохимическое опробование, анализ проб ихтиофауны и бентоса, оценка состояния нерестилищ лосося в зоне перехода и вблизи нее, изучение проб донных отложений и их анализ с определением гранулометрического состава в зоне нереста.

Не менее важен мониторинг эрозионных и склоновых процессов [47]. Естественные опасные геологические процессы, связанные с неустойчивостью склонов, проявляются в виде склоновых морфологических форм: оплывин и оползней различной мощности. Данные процессы обнаруживаются как на склонах, так и в виде конусов выноса материала и его накопления в зонах аккумуляции на дне долин. Чтобы повысить эффективность выявления таких негативных процессов применяются методы аэрокосмического мониторинга с использованием снимков высокого разрешения с летательных аппаратов и спутников [27].

Программа мониторинга растительности выполнялась «Сахалинской энергией» для того, чтобы собрать данные о состоянии растительных сообществ и охраняемых видов растений, выявить изменения и оценить, под воздействием каких факторов они произошли.

Площадки для мониторинга растительности вокруг производственных комплексов были заложены по радиальной схеме. В пределах трассы

трубопровода наблюдения проводились в разных типах растительных сообществ, таких как темнохвойные леса, посадки сосны, мелколиственные леса, горные луга, лиственничники, долинные интразональные и кедровостланниковые формации.

На каждой площадке выявляли видовой состав растений в каждом ярусе, определяли сомкнутость крон отдельных видов и древесного яруса в целом, средний возраст деревьев, их высоту, диаметр стволов, количество подроста, проективное покрытие. На всех участках выполнялось описание состояния растений и лишайников – наличие признаков угнетения, увядания, присутствие хлороза и некроза листьев и т. п. Все описания площадок заносились в полевые бланки, а затем в электронную базу данных. В базу данных занесены сотни фотографий, сделанных в различных полевых сезонах.

Результаты мониторинга на этапе строительства показали, что растительность за пределами полосы землеотвода и вокруг производственных комплексов сохранилась практически без изменений. Однако на границе полосы землеотвода было замечено частичное усыхание хвойных пород деревьев. Появление открытых зон привело к усилению освещенности лесных массивов и изменению микроклимата, что повлекло изменение состояния флоры и фауны на некоторых участках, расположенных на границе леса [135].

После окончания строительства в задачи мониторинга было включено наблюдение за зарастанием полосы землеотвода. На крутых склонах, а также на участках с бедной почвой растениям было трудно закрепиться, в таких местах посев трав проводился заново. Оценку степени зарастания трассы и состояния прилегающей растительности, выявление плохо заросших участков проводили как во время полевых исследований, так и по данным спутникового зондирования и аэрофотосъемки. В процессе мониторинга обнаружены отличные результаты зарастания почв злаковыми и бобовыми растениями, которые обеспечили хорошее проективное покрытие.

Многолетние наблюдения за процессами зарастания болотистых участков показали, что пушица, осоки, морошка занимают свои ареалы обитания. На

болотах с глубокими и средними торфами отлично восстанавливается естественный растительный покров. К 2012 г. более 80 % всей полосы землеотвода хорошо заросли. На многих участках, особенно в поймах рек, отмечено активное появление подроста ольхи, ивы, лиственницы и березы.

Наблюдения за состоянием растительности с использованием данных аэрокосмических съемок позволяют выделить ареалы распространения сообществ и отдельных видов. В результате мониторинга обнаружены изменения состояния сообществ, а при наземных исследованиях выявлены новые местонахождения охраняемых видов растений. Также накоплен обширный научный материал, который не только позволяет оценить состояние редких видов и растительных сообществ в районах прохождения трасс трубопроводов, но и дополнить сведения о растительности Сахалина.

Методы аэрокосмического мониторинга также нужно использовать для контроля восстановления растительного покрова по трассе трубопровода и обнаружения даже незначительных утечек нефти.

На основе вышесказанного можно предложить развернутую программу экологического мониторинга на трассе трубопровода (рисунок 4.13).



Рисунок 4.13 – Структурная схема предлагаемой системы экологического мониторинга

Проект «Сахалин-2» играет очень важную роль в социально-экономической жизни всей области, его реализация стала толчком для развития многих мало связанных с нефтегазовым комплексом отраслей экономики, создав тысячи рабочих мест не только для коренного населения и российских граждан из других регионов, но и для иностранцев [135].

Оператор проекта уделяет природоохранным мероприятиям большое внимание, но все же необходимо более качественно выполнять работы по рекультивации нарушенных территорий, особенно это касается восстановления растительного покрова в полосе отчуждения. Так недобросовестное выполнение работ в этой области провоцирует активизацию склоновых процессов, а это в свою очередь создает опасность, как для экологической обстановки района, так и для самого трубопровода. Еще одним важным моментом является оценка состояния берегоукрепительных сооружений в местах перехода трубопроводов через реки.

При реализации такого масштабного проекта «Сахалинской энергией» были применены современные технологии. Уникальными для всего мира является возведение переходы через активные тектонические разломы с запасом прочности трубопровода до 5 м смещения земной поверхности. По окончании строительно-монтажных на трассе трубопровода проведена масштабная рекультивация земель, затронутых строительными работами, с восстановлением почвенно-растительного покрова, проведены противоэрозионные мероприятия на опасных участках.

Экологический мониторинг важный элемент, являющийся основой для обеспечения контроля и внедрения мер по уменьшению негативного воздействия на природу региона. Комплексный и регулярный мониторинг способствует выявлению опасных процессов развивающихся на трассе трубопровода. При организации системных наблюдений особое внимание уделяется анализу и подбору материалов для картографического обеспечения мониторинга [24].

#### 4.4 Оценка динамики состояния земель

Принцип работы блока по оценке динамики состояния земель (рисунок 4.14) в результате развития тектонических процессов приведен на примере последствий Невельского землетрясения 2007 г. (рисунок 4.15, а-в). Путем сопоставления разновременных снимков производится анализ изменений состояния земель за различные промежутки наблюдений [69]. Кроме того по косвенным признакам (трассируемые нарушения уступы, оползни и т. д.) выявляются активные тектонические разломы.

Стоит отметить тот факт, что спустя 10 лет, после явного изменения параметров береговой линии, территория площадью 0,15 км<sup>2</sup> остается не учтенной.



Рисунок 4.14 – Работа блока методики мониторинга земель по оценке динамики состояния земель

Для оперативной оценки динамики состояния земель используем ряд наблюдений за каждым из показателей  $P_i$ , где  $i$ -номер показателя,  $i = 1, \dots, 9$ , приведенных в таблице 2.1.

Точнее рассмотрим ряд  $P_i(t_1), \dots, P_i(t_j), \dots, P_i(t_n)$ , где  $t_j$  – момент наблюдения под номером  $j$ ,  $j=1, \dots, n$ ,  $n$  – количество наблюдений.

Для отслеживания изменений показателя от наблюдения к наблюдению используем формулу (4.1)

$$C_j^i = P_i(t_{j+1}) - P_i(t_j), \quad (4.1)$$

где  $C_j^i$  – величина изменения  $i$ -го показателя между последующими и предыдущими наблюдениями.

Оценка динамики состояния земель по  $i$ -го показателя между последним  $k$ -м наблюдением и предыдущим  $j$ -м наблюдением определяется по формуле (4.2).

$$C_{j,k}^i = P_i(t_k) - P_i(t_j), \quad (4.2)$$

где  $C_{j,k}^i$  – изменение  $i$ -го показателя между  $j$ -м и  $k$ -м наблюдением, где  $j < k$

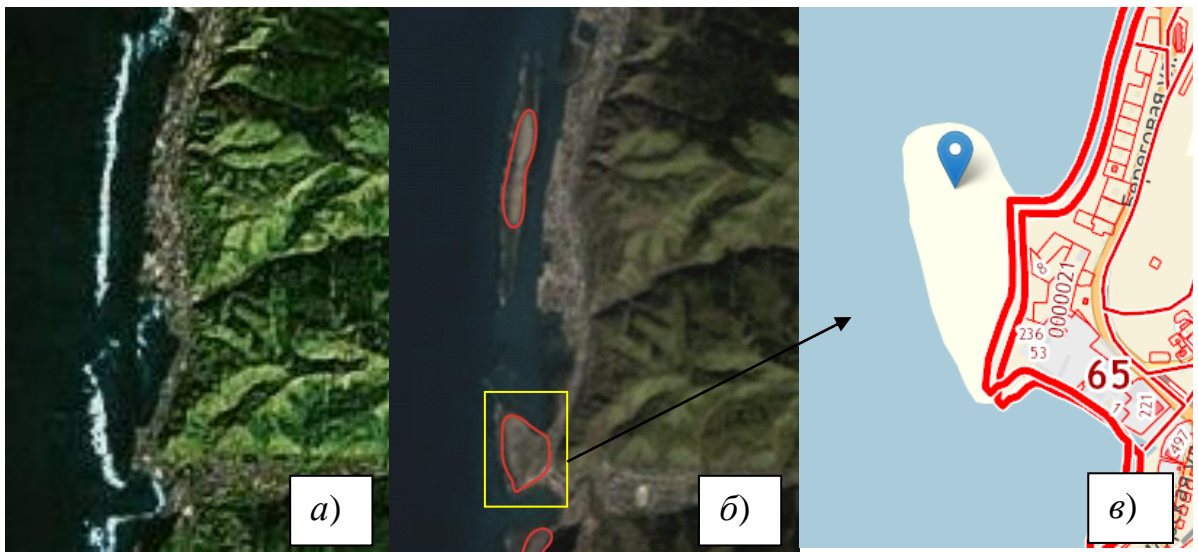


Рисунок 4.15 – Фиксирование изменения конфигурации береговой линии вдоль тектонического нарушения по оптическим космическим снимкам SPOT [70]: а) до землетрясения; б) после землетрясения; в) детализация в публичной кадастровой карте

При подготовке карт оценки динамики необходимо учитывать и хозяйственную деятельность, которая существенным образом преобразует все компоненты окружающей среды. Так в юго-западной части острова Сахалин до

90-х годов XX столетия уголь добывался преимущественно закрытым способом. На современном этапе развития отрасли полезное ископаемое разрабатывается карьерами, что естественно отразилось на состоянии земель.

На рисунке 4.16 показана динамика изменения площади нарушенных земель в за 21 год. Так в 1995 г. площади нарушенных земель составили 82,39 га, а к 2016 г. уже 513,54 га. Результаты оценки показывают, что площадь нарушенных земель 1 степени за 21 год увеличилась на 431,15 га, относительно площади административного района составляет 0,35 %.

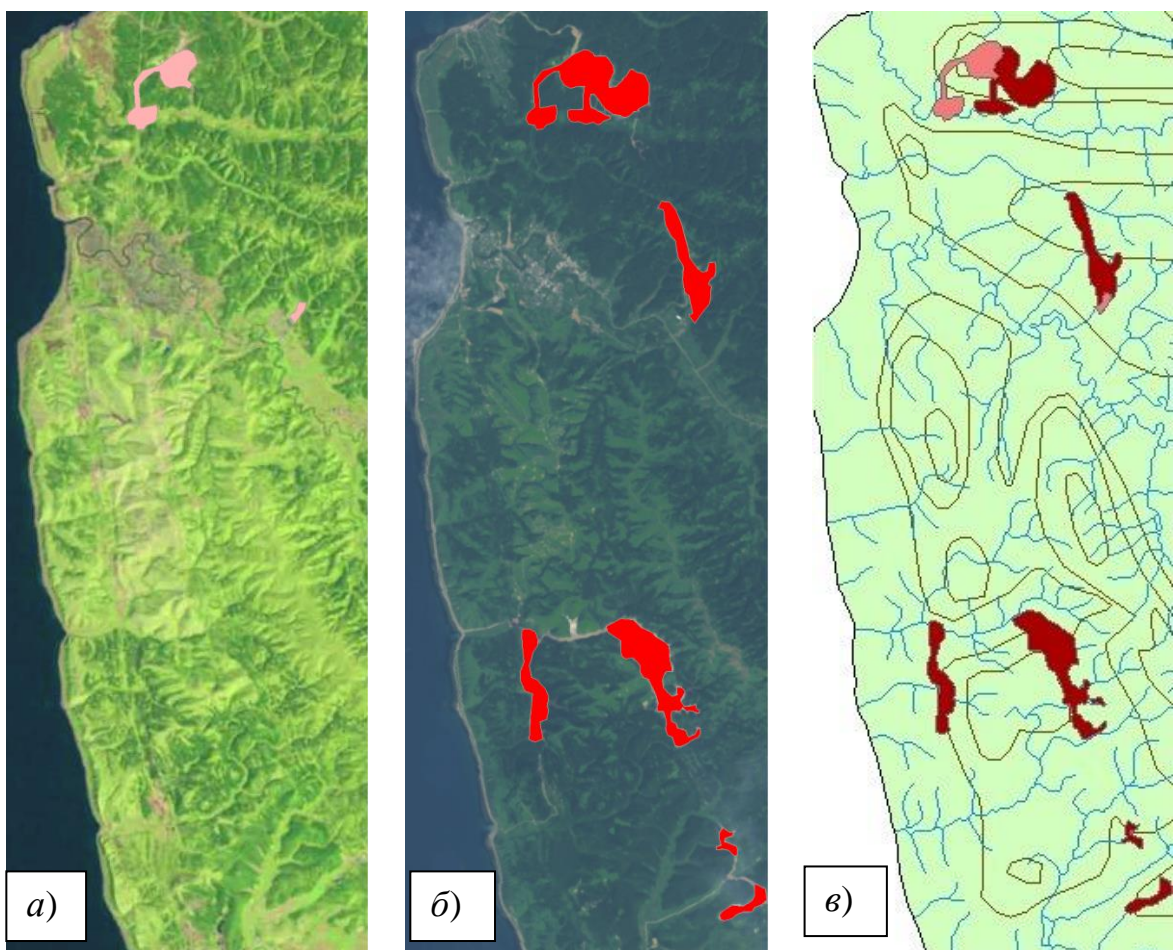


Рисунок 4.16 – Нарушенные земли: а) в 1995 г., б) в 2014 г. в) фрагмент результирующей карты изменения площади нарушенных земель

Еще одним негативным моментом являются отмеченные факты антропогенно-сейсмических оползней на площади 56,9 га. Это стало следствием

совокупности таких причин, как крутизна склонов, петрографический состав вскрышной породы, ошибочного планирования отвалов и тектонической активности территории.

#### 4.5 Выводы к четвертому разделу все заголовки и номера страниц проверить по оглавлению

Таким образом адаптирована разработанная методика комплексного мониторинга земель для работы с геоинформационными технологиями. реализованы ГИС-проекты на Сахалинскую область, что позволяет аккумулировать информацию о состоянии земель, полученную аэрокосмическими методами (в видимом, тепловом и радиодиапозонах), при проведении полевых геодезических и тематических исследований, и размещенную в структурированных БД, производить обмен данными в унифицированных форматах и обеспечить доступ к информации в картографическом виде;

Разработан и апробирован способ оценки состояния территорий, позволяющий определить степень измененности земель на основе разработанной классификаций интенсивности воздействия тектонических и магматических процессов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного диссертационного исследования достигнута поставленная цель – разработана методика комплексного мониторинга земель в условиях тектонической и магматической активности территории для осуществления контроля состояния территории и обеспечения безопасности землепользования.

Итоги диссертационного исследования заключаются в следующем:

- проанализирован отечественный и зарубежный опыт организации и функционирования систем мониторинга на разных уровнях, в результате чего выявлены основные недостатки существующей системы, которые выражаются в отсутствии доступной информации о состоянии земель, подверженных интенсивному воздействию тектонических и магматических процессов;

- выполнено исследование региональной специфики природно-техногенных условий, на основании которого охарактеризованы и определены главные особенности земель региона, играющие решающую роль при выделении процессов и выбора методов наблюдений;

- составлена классификация интенсивности воздействия тектонических и магматических процессов, которая учитывает объекты наблюдения, дифференцирует отдельные факторы по степени воздействия и конкретизирует параметры изменения состояния земель.

- разработана методика комплексного мониторинга земель, позволяющая производить оценку и контролировать состояние земель в условиях тектонической и магматической активности территории;

- реализованы ГИС-проекты на Сахалинскую область, что позволяет аккумулировать информацию о состоянии земель, полученную аэрокосмическими методами (в видимом, тепловом и радиодиапазоне), при проведении полевых геодезических и тематических исследований, и размещенную в

структурированных БД, производить обмен данными в унифицированных форматах и обеспечить доступ к информации в картографическом виде;

– разработан способ оценки состояния территорий, позволяющий определить степень измененности земель на основе разработанной классификаций интенсивности воздействия тектонических и магматических процессов.

Результаты исследования могут быть использованы при проведении государственного мониторинга земель. Применение полученных результатов работы позволит обеспечить контроль состояния земель в условиях тектонической и магматической активности территории, что в конечном итоге будет способствовать рациональному и безопасному использованию земельных ресурсов.

Практическая реализация разработанной методики комплексного регионального мониторинга земель выполнена в ЮСНИС СахГУ. Методика опробована на реальных объектах – вулканы Баранского и Атсонупури (остров Итуруп), антропогенно-измененных землях (трасс трубопроводов, селитебных зон, карьеров) в Сахалинской области.

Рекомендации и перспективы развития диссертационного исследования заключаются в совершенствовании предложенной методики, учитывая развитие средств дистанционного зондирования Земли и новых данных о механизме развития тектонических и магматических процессов.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

БД	База данных
БнД	Банк данных
ДЗЗ	Дистанционное зондирование Земли
ДФО	Дальневосточный Федеральный округ
ГИС	Географические информационные системы
ГСМОС	Глобальной системы мониторинга окружающей среды
МАКСМ	Международная аэрокосмическая система глобального мониторинга
ООПТ	Особо охраняемая природная территория
ОПС	Окружающая природная среда
ПИ	Полезные ископаемые
РФ	Российская Федерация
СУБД	Система управления базами данных
ЦМР	Цифровая модель рельефа
ЧС	Чрезвычайная ситуация
KVERT	Kamchatka Volcanic Eruptions Response Team. Камчатская группа оперативного реагирования на вулканические извержения
MS	Мультиспектральный режим съемки с космических аппаратов
PAN	Панхроматический режим съемки с космических аппаратов
SRTM	Shuttle radar topographic mission. Международная миссия по получению данных цифровой модели рельефа
SVERT	Sakhalin Volcanic Eruptions Response Team. Сахалинская группа оперативного реагирования на вулканические извержения

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

тектонический (нарушение):	разлом	Нарушение целостности горных пород с возможным смещением по поверхности разрыва.
тефра:		Выпавший на земную поверхность продукт извержения вулкана, представленный преимущественно пеплом.
тектоно-магматические процессы:		Совокупность процессов, связанных с движениями массивов горных пород и деятельностью магмы и обычно проявляющиеся в сейсмической активности и извержениях вулканов.
пирокластические потоки (пиропотоки):		Смесь, состоящая из газа высокой температуры, пепла и камней.
пирокластические волны:		Насыщенные газом потоки с низким содержанием обломочного материала (камней и пепла).
лахар:		Грязевой поток из смеси воды и вулканического пепла, пемзы и обломков горных пород.
сукцессия:		Процесс восстановления типичного для территории нарушенного почвенно-растительного покрова
сомма:		Остатки кратера, выраженного кольцевым валом вокруг современного вулканического конуса.
линеаменты:		Элементы рельефа линейного и дугообразного вида, связанные с активными глубинными разрывами.
рентгенофлуоресцентный анализ:		Спектроскопический методов исследования вещества, позволяющий выявить его элементный состав.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Аврунев, Е. И. Перспективная информационная модель государственного земельного надзора [Текст] / Е. И. Аврунев, И. В. Пархоменко // Вестник СГУГиТ. – 2016. – № 2 (34). – С. 158–168.
- 2 Активные разломы и катастрофические землетрясения Сахалина (Апреловский активный разлом, результаты тренчинга) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [neotec.ginras.ru/comset/MTR\\_2002\\_IMGG\\_P001.pdf](http://neotec.ginras.ru/comset/MTR_2002_IMGG_P001.pdf).
- 3 Алексанин, А. И. Организация исследований по оценке экологического состояния морских акваторий средствами дистанционного зондирования [Текст] / А. И. Алексанин, В. А. Качур, Т. Ю. Орлова, А. Н. Павлов, П. А. Салюк // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2010. – Т. 7 – № 3. – С.131–138.
- 4 Андреев, Н. В. Топография и картография [Текст] : Факультативный курс / Н. В. Андреев. – М. : Просвещение, 1985. – 159 с.
- 5 Антипов, И. Т. Формализация картографического обеспечения землеустройства, кадастра и мониторинга земель [Текст] / И. Т. Антипов, В. Н. Москвин, Д. В. Лисицкий // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2 доп. – С. 86–90.
- 6 Атлас береговой зоны Сахалина [Карты] / Под. ред. И. П. Фархудинова, П. Ф. Бровко. – Владивосток : Дальпресс, 2002. – 51 с.
- 7 Атлас Курильских островов [Карты] / Российская академия наук. Институт географии РАН. Тихоокеанский институт географии ДВО РАН; Редкол.: Котляков В. М. (председатель), Бакланов П. Я., Комедчиков Н. Н. (гл. ред.) и др.; Отв. ред. Фёдорова Е. Я. – М.; Владивосток: ДИК, 2009. – 516 с.
- 8 Атлас Сахалинской области [Карты] / Под. ред. П. А. Леонова. – М. : ГУГК, 1967. – 144 с.
- 9 Атлас Сахалинской области в 2-х ч. – Масштаб 1:100 000 [Карты] / Под. ред. Т. Н. Гайфулиной. – Хабаровск : Роскартография, ФГУП «ДВ АГП», 2007. – Ч.1 – 132 с.; Ч.2 – 128 с.

10 Атлас Сахалинской области. Ресурсы и экономика [Карты] / Под. ред. В. П. Козынюка. – Южно-Сахалинск : Сахалин. кн. изд-во, 1994. – 21 карта

11 Атлас Сахалинской области: Топографическая карта: Масштаб 1:200 000 [Карты]. – Хабаровск : ВТУ ГШ, 488 военно-картографическая фабрика. Ч.1: Остров Сахалин. – 1994. – 116 с.; Ч.2: Курильские острова. – 1994. – 48 с.

12 Барталев, С. А. Основные задачи и перспективы создания системы глобального спутникового мониторинга лесов [Текст] / С. А. Барталев, Д. В. Ершов, А. С. Исаев, Е. А. Лупян // Лесоведение. 2011. – № 6. – С. 3–15.

13 Барталев, С. А. Исследования и разработки ИКИ РАН по развитию методов спутникового мониторинга растительного покрова [Текст] / С. А. Барталев, Е. А. Лупян // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2013 – Т. 10 – № 1 – С. 197–214.

14 Берлянт, А. М. Виртуальные геоизображения [Текст] / А. М. Берлянт. – М. : Научный мир, 2011. – 56 с.

15 Берлянт, А. М. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов [Текст] / А. М. Берлянт, А. Кошкарев – М. : ГИС-Ассоциация, 1999. – 204 с.

16 Берлянт, А. М. Картография [Текст] : учебник для вузов / А. М. Берлянт . – М. : КДУ, 2010. – 328 с.

17 Бондур, В. Г. Мониторинг и прогнозирование природных катастроф [Текст] / В. Г. Бондур, В. Ф. Крапивин, В. П. Савиных. – М. : Научный мир, 2009. – 691 с.

18 Бондур, В. Г. Механизмы формирования линеаментов, регистрируемых на космических изображениях при мониторинге сейсмоопасных территорий [Текст] / В. Г. Бондур, А. Т. Зверев // Исследование Земли из космоса. – 2007. – № 1. – С. 47–56.

19 Братков, В. В. Высокогорные луговые ландшафты Северо-Западного и Северо-Восточного Кавказа [Текст] / В. В. Братков, З. В. Атаев // Известия Дагестан. гос. пед. ун-та. Естественные и точные науки. – 2009. – №2. – С. 93–103.

20 Бровко, П. Ф. Геоморфологический мониторинг лагунных берегов Сахалина [Текст] / П. Ф. Бровко, А. В. Малюгин, Н. С. Терентьев,

В. Н. Храмушин // Мореходство и морские науки: избранные доклады 4-й Сахалинской региональной морской научно технической конференции. – Южно-Сахалинск : Сахалинская областная типография, 2013. – С. 133–142.

21 Бродская, И. А. Методика комплексного использования данных аэрокосмического зондирования и ГИС технологий для мониторинга линейных природотехнических систем [Текст] : дис. ... канд. тех. наук : 25.00.34 / Бродская Ирина Александровна. – М., 2009. – 208 с.

22 Бугаевский, Л. М. Математическая картография [Текст] : учебник для вузов / Л. М. Бугаевский. – М. : Златоуст, 1998. – 400 с.

23 Варламов, А. А. Земельный кадастр. В 6 т. Т. 1 Теоретические основы государственного земельного кадастра [Текст] / А. А. Варламов. – М. : КолосС, 2007. – 383 с.

24 Верещака, Т. В. Картографическая оценка экологического состояния суши и акваторий: теория, методы, практика [Текст] / Т. В. Верещака, З. В. Андреева, Г. А. Качаев. – М. : Научный мир, 2015. – 228 с.

25 Верхотуров, А. А. Математическая основа карт комплексного геоэкологического атласа Сахалинской области [Текст] / А. А. Верхотуров // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – №6. – С. 54–57.

26 Верхотуров, А. А. Обзор изданий картографических материалов в Сахалинской области [Текст] / В. А. Мелкий, Верхотуров А. А. // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – №5. – С. 48–53.

27 Виноградов, Б. В. Аэрокосмический мониторинг экосистем [Текст] / Б. В. Виноградов. – М. : Наука, 1984. – 320 с.

28 Военкова О. А. Неотектоника и активные разрывы Сахалина [Текст] / О. А. Воейкова, С. А. Несмеянов, Л. И. Серебрякова. – М. : Наука, 2007. – 186 с.

29 Волков, С. Н. Опыт землеустройства на землях сельскохозяйственного назначения в США и Канаде [Текст] / С. Н. Волков. – М. : ГУЗ, 2012 – 44 с.

30 Востокова, А. В. Оформление карт. Компьютерный дизайн [Текст] : учебник / А. В. Востокова, С. М. Кошель, Л. А. Ушакова / Под ред. А. В. Востоковой. – М. : Аспект Пресс, 2002. – 288 с.

31 Гарбук, С. В. Космические системы дистанционного зондирования Земли [Текст] : монография / С. В. Гарбук, В. Е. Гершензон. – М. : А и Б, 1997. – 296 с.

32 Геодезические датымы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.archive.org/web/20120213203409/http://www.dataplus.ru/Support/ProjUtility/Datum.htm>.

33 Геоинформационные платформы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.politerm.com.ru/articles/obzor\\_gis](http://www.politerm.com.ru/articles/obzor_gis).

34 Геология СССР. Том XXXIII. Остров Сахалин. Геологическое описание [Текст] / Под ред. В. Н. Верещагина. – М. : Недра, 1970. – 432 с.

35 Геолого-геофизический атлас Курило-Камчатской островной системы [Текст] / Под ред. К. С. Сергеева, М. Л. Красного. – Л. : ВСЕГЕИ, 1987. – 36 листов.

36 Гирина, О. А. Проект KVERT – снижение вулканической опасности для авиации при эксплозивных извержениях вулканов Камчатки и Северных Курил [Текст] / О. А. Гирина, Е. И. Гордеев // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2007 – № 2. – С. 100–109.

37 ГИС атлас [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vsegei.ru/>

38 Гиниятов И. А. Геоинформационное обеспечение мониторинга земель сельскохозяйственного назначения [Текст] / И. А. Гиниятов, А. Л. Ильиных // Вестник СГУГиТ. – 2011. – №14–1. С. 33–39.

39 Голубев, Г. Н. Геоэкология [Текст] : учебник для вузов / Г. Н. Голубев. – М. : ГЕОС, 1999. – 338 с.

40 ГОСТ Р 50828–95 Геоинформационное картографирование. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования [Текст]. – М. : ИПК Изд. стандартов, 1996. – 23 с.

41 ГОСТ Р 52055–2003. Геоинформационное картографирование. Пространственные модели местности. Общие требования [Текст]. – М. : Госстандарт России, 2003. – 8 с.

42 ГОСТ 21667–76 Картография. Термины и определения [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 2002. – 38 с.

43 ГОСТ 26640-85 Земли. Термины и определения [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.

44 ГОСТ 28441-99. Картография цифровая. Термины и определения [Текст]. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – 1999. – 13 с.

45 Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Серия Курильская [Текст] / под. ред. В. К. Ротмана. – СПб. : Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2001. – 123 с.

46 Гранник, В. М. Вулканологические исследования на Курильских островах: итоги и перспективы [Текст] / В. М. Гранник, А. В. Рыбин, Б. Н. Пискунов // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2011 – № 6 (160). – С. 13–18.

47 Дубровский, А. В. К вопросу разработки технологии мониторинга состояния земель, подверженных ветроволновой эрозии (на примере Новосибирского водохранилища) [Текст] / А. В. Дубровский, И. Ю. Паяльников // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2016. – № 9. – С. 108–113.

48 Евсеев, В. М. Минерально-сырьевая база Сахалинской области [Текст] / В. М. Евсеев. – Ю-Сахалинск : Сахалинское книжное изд-во, 2000. – 120 с.

49 Евтеев, О. А. Проектирование и составление социально-экономических карт [Текст] : учебник / О. А. Евтеев. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1999. – 224 с.

50 Замятина, Л. В. Методика оценки состояния земельных ресурсов и обоснование мониторинга земель: на примере Липецкой области [Текст] : дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.26 / Замятина Лариса Вячеславовна. – Воронеж, 2004. – 235 с.

51 Заруцкая, И. П. Картографирование природных условий и ресурсов [Текст] / И. П. Заруцкая, Н. В. Красильникова. – М. : Недра, 1988. – 299 с.

52 Заруцкая, И. П. Проектирование и составление карт [Текст] / И. П. Заруцкая, Т. Г. Сваткова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1982. – 208 с.

53 Зверев, А. Т. Разработка теории и методов оценки и прогноза состояния природных ресурсов с использованием космических снимков [Текст] / А.Т. Зверев, В.В. Гаврилова // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 5 – С. 44–47.

54 Зверев, А. Т. Инженерная геодинамика [Текст] : учебник для вузов / А. Т. Зверев. – М. : Изд-во МИИГАиК, 2013. – 324 с.

55 Земельный кодекс РФ [Текст] : Федер. закон : принят Гос. Думой 28 сент. 2001 г. : по состоянию на 01 мая 2015 г. – М. : Эксмо, 2015. – 160 с.

56 Земля из космоса. Ведущие спутниковые системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.scanex.ru](http://www.scanex.ru)

57 Зятькова, Л. К. Геомониторинг природной среды [Текст] : монография: в 2 т. / Л. К. Зятькова, И. В. Лесных. – Новосибирск : СГГА, 2004.

58 Зятькова, Л. К. Геоэкологическая паспортизация районов Новосибирской области [Текст] : монография / Л. К. Зятькова, Б. В. Селезнев, Е. В. Комиссарова. – Новосибирск : СГГА, 2011. – 270 с.

59 Карпик, А. П. Концепция геоинформационного пространства [Текст] / А. П. Карпик // Материалы междунар. науч.-техн. конф., посв. 225-летию МИИГАиК. Ч. Геодезия. – М. : МИИГАиК, 2004. – С. 434–438.

60 Карпик, А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий [Текст] : монография / А. П. Карпик. – Новосибирск : СГГА, 2004. – 260 с.

61 Картографическая изученность России (топографические и тематические карты) [Карты] : Рос. АН; Ин-т географии; под ред. А.А. Лютого и Н.Н. Комедчикова; авт. В.Л. Андроников [и др.]. – М., 1999. – 1 атл. (319 с.)

62 Кашатский, А. Д. Составление и использование почвенных карт [Текст] / А. Д. Кашатский. – М. : Агропром, 1987. – 183 с.

63 Киенко, Ю. П. Основы космического природоведения [Текст] / Ю. П. Киенко. – М. : Картгеоцентр – Геодезиздат, 2001. – 224 с.

64 Книжников, Ю. Ф. Аэрокосмические методы географических исследований [Текст] / Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова, О. В. Тутубалина. – М. : Академия, 2004. – 336 с.

65 Козынюка, В. М. География Сахалинской области : учебное пособие [Текст] / В. М. Козынюка. – Ю-Сахалинск : Дальневосточ. книж-е изд-во, 1968. – 136 с.

66 Концепция международной аэрокосмической системы глобального мониторинга (проект) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.tsi.lv/sites/default/files/editor/science/Conferences/SPACE/igmass\\_conceptico\\_rus.pdf](http://www.tsi.lv/sites/default/files/editor/science/Conferences/SPACE/igmass_conceptico_rus.pdf).

67 Космические снимки для федеральной власти [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cnews.ru/reviews/free/gov2006>.

68 Космическая съемка и тематическое картографирование. Методика обработки многозональных снимков [Текст] / Ред. К. А. Салищев, Ю. Ф. Книжников. – М. : Изд-во МГУ, 1979. – 232 с.

69 «Космоснимки» – снимки территории России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kosmosnimki.ru/>.

70 Копылов, В. Н. Разработка программно-технологического комплекса регионального центра космического мониторинга окружающей среды [Текст] : дис. ... д-ра. тех. наук : 05.13.18 / Копылов Василий Николаевич. – Ханты-Мансийск, 2006. – 229 с.

71 Кравцова, В. И. Космические методы картографирования [Текст] / под ред. Ю. Ф. Книжникова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1996. – 240 с.

72 Кринов, Е. Л. Спектральная отражательная способность природных образований [Текст] / Е. Л. Кринов. – М. : Изд-во АН СССР, 1947. – 272 с.

73 Кронберг, П. Дистанционное изучение Земли: Основы и методы дистанционных исследований в геологии [Текст] / П. Кронберг. – М. : Мир, 1988. – 343 с.

74 Крупнейшее землетрясение в истории России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nnm.me/blogs/igmar2006>.

75 Лабутина, И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков : учебное пособие [Текст] / И. А. Лабутина. – М. : Аспект Пресс, 2004. – 184 с.

76 Лесопатологические районы о. Сахалина [Карты] / под. ред. С. М. Краснопеева. – Красноярск : Платина, 2004. – 1 к.

77 Лисицкий, Д. В. Основные принципы цифрового картографирования местности [Текст] / Д. В. Лисицкий. – М. : Недра, 1988. – 261 с.

78 Лисицкий, Д. В. Перспективы развития картографии : от системы «Цифровая земля» к системе виртуальной геореальности [Текст] / Д. В. Лисицкий // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 8–16.

79 Литенко, Н. Л. География Сахалинской области : учебное пособие [Текст] / Н. Л. Литенко, В. М. Дуничев, Ф. С. Цветкова. – Ю-Сахалинск : ДЦЮС, 1992. – 164 с.

80 Лурье, И. К. Геинформационное картографирование [Текст] / И. К. Лурье. – М. : КДУ, 2008. – 424 с.

81 Малинников, В. А. Теория и методы информационного обеспечения мониторинга земель: Тематическая обработка видеоизображений [Текст] : дисс. ... д-ра тех. наук : 05.24.04 / Малинников Василий Александрович. – М., 1999. – 351 с.

82 Мелекесцев, И. В. Вулканизм и рельефообразование в антропогене [Текст] : автореферат дисс. ... д-ра геол.-мин. наук. : 04.00.01 / Мелекесцев Иван Васильевич. – М., 1994. – 113 с.

83 Мелкий, В. А. Аэрокосмический мониторинг вулканопасных территорий: теория и методы [Текст]: дисс. ... д-ра тех. наук : 05.24.04 / Мелкий Вячеслав Анатольевич. – М., 1999. – 337 с.

84 Мелкий, В. А. Мониторинг сейсмической опасности Алтайско Саянской складчатой зоны по данным дистанционного зондирования [Текст] / В. А. Мелкий, В. С. Марчуков, М. В. Шитикова // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1999 – № 3 – С. 107–118.

85 Мелкий, В. А. Разработка методики автоматизированного дешифрирования опустыненных территорий по аэрокосмическим изображениям

[Текст] / В. А. Мелкий, Л. В. Ферберова // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1998 – № 6 – С. 130–144.

86 Научные исследования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.imgg.ru/ru/science-research>.

87 Национальный атлас России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://национальныйатлас.рф/cd2/402-403/402-403.html>.

88 Недра Сахалинской области [Текст] / под ред. А. В. Тарасова. – Южно-Сахалинск : Изд-во Сахалин – Приамурские ведомости, 2013. – 117 с.

89 Об итогах всероссийской переписи населения 2010 года презентация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://sakhalinstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/sakhalinstat/ru/census\\_and\\_researching/census/national\\_census\\_2010/score\\_2010/score\\_2010\\_default](http://sakhalinstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/sakhalinstat/ru/census_and_researching/census/national_census_2010/score_2010/score_2010_default).

90 Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 06.06.2013 г. № 477. – Режим доступа: Информационный портал «Гарант.ру».

91 Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федер. закон РФ от 10.01.2002 г. № 7 (ред. от 29.07.2017 г.). – Режим доступа: Информационный портал «Гарант.ру».

92 Об утверждении государственной программы Сахалинской области «Экономическое развитие и инновационная политика Сахалинской области на 2014–2020 годы» [Электронный ресурс] : Постановление Правительства Сахалинской области от 12.07.2013 г. № 352. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/460161112>

93 Об утверждении Положения о порядке осуществления государственного мониторинга состояния недр РФ [Электронный ресурс] : Приказ МПР РФ от 21.05.2001 г. № 433. – Режим доступа: Информационный портал «Гарант.ру».

94 Об утверждении порядка осуществления государственного мониторинга земель, за исключением земель сельскохозяйственного назначения [Электронный

ресурс] : Приказ Министерства экономического развития РФ от 26 декабря 2014 г. № 852. – Режим доступа: Информационный портал «Гарант.ру».

95 Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель, за исключением земель сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс]: Приказ Министерства экономического развития РФ от 26.12.2014 г. № 852. – Режим доступа: Информационно-правовой портал «Гарант.ру».

96 О государственном экологическом мониторинге (государственном мониторинге окружающей среды) и государственном фонде данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 9.08.2013 г. № 681 . – Режим доступа: Информационно-правовой портал «Гарант.ру».

97 О мерах по охране лесов от пожаров на территории Сахалинской области в 2014 году [Электронный ресурс] : Распоряжение Правительства Сахалинской области от 9.04.2014 г. № 173-р. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/412300736>

98 О создании Единой государственной системы экологического мониторинга [Электронный ресурс] : Постановление Совета министров – Правительства РФ от 24.11.1993 г. № 1229. – Режим доступа: Информационно-правовой портал «Гарант.ру».

99 О состоянии и об охране окружающей среды Сахалинской области в 2012 году [Текст]: доклад. – Южно-Сахалинск : Эйкон, 2013. – 214 с.

100 О Федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии [Электронный ресурс] : постановление Правительства Российской Федерации от 01.06.2009 № 457 Кодекс. – Режим доступа: Информационно-правовой портал «Гарант.ру».

101 Обзор группы инструментов покрытия "Генерализация" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://resources.arcgis.com/ru>.

102 Общегеографические карты РФ «Сахалинская область»: Масштаб 1:500 000 [карты] / под. ред. В. Ф. Анейчик, О. Н. Швайбович – Хабаровск. Роскартография, 2003.

103 Онлайн камеры на вулканах Камчатки [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://camdv.ru/city/12>.

104 Трубина, Л. К. Цифровые фотограмметрические технологии в информационном обеспечении экосистем [Текст] / Л. К. Трубина, В. П. Пяткин, Л. К. Зятькова // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 49–52.

105 Пищальник, В. М. Океанографический атлас шельфовой зоны острова Сахалин [Текст] / В. М. Пищальник, А. О. Бобков. – Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ, 2000. – 173 с.

106 Поляков, Ю. А., Исследование и разработка системы регионального мониторинга земель [Текст] : дисс. ... д-ра тех. наук : 11.00.11 / Поляков Юрий Александрович. – Барнаул, 1998. – 354 с.

107 Прогнозирование взрывных вулканических извержений по данным дистанционного зондирования [Текст] / В. А. Мелкий, Ю. М. Черниговский, Д. В. Долгополов, В. С. Марчуков // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1998 – № 3 – С. 123–129.

108 Реймерс, Н. Ф. Природопользование: словарь-справочник [Текст] / Н. Ф. Реймерс. – М. : Мысль, 1990. – 637 с.

109 Рыбин, А. В. Проблемы мониторинга вулканической активности на Курильских островах [Текст] / А. В. Рыбин, М. В. Чибисова, И. Г. Коротеев // Вестник Дальневосточного отделения РАН. – 2010 – № 3 – С. 64–71.

110 Савиных, В. П. География из космоса: учебно-методическое пособие [Текст] / В. П. Савиных, В. А. Малинников, С. А. Сладкопечцев, Э. М. Цыпина: – М. : изд. МИИГиК, 2000. – 224 с.

111 Савиных, В. П. Информационное обеспечение научных и прикладных исследований на основе космической информации [Текст] // Перспективы науки и образования. – 2015 № 2 (14). – С. 51–59.

112 Садов А. В. Аэрокосмические методы в инженерной геодинамике [Текст] / А. В. Садов. – М. : Недра, 1988 – 206 с.

113 Сахалинская область: Атлас автодорог. – М-б 1:200 000, 1:500 000 [Карты]. – Хабаровск : Дальневост. центр геоинформации, 2002 – 72 с.

114 Сахалинский филиал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fegi.ru/structure/sakhalin>.

115 СахГРЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rosgeo.com/ru/content/oao-sahalinskaya-geologo-razvedochnaya-ekspediciya-sahgre>.

116 Салищев, К. А. Проектирование и составление карт. – 2-е изд. [Текст] / К. А. Салищев. – М. : МГУ, 1987. – 240 с.

117 Сваткова, Т. Г. Атласная картография [Текст] : учебное пособие / Т. Г. Сваткова. – М. : Аспект Пресс, 2002. – 203 с.

118 Серапинас, Б. Б. Математическая картография [Текст] / Б. Б. Серапинас. – М. : Академия, 2005. – 336 с.

119 Сизов, А. П. Современные методы и технологии ведения мониторинга городских земель [Текст] / МосГУГК. Деп. в ВИНТИ 07.09.00, № 2365-ВОО. – М., 2000. – 128 с.

120 Системы наблюдения за климатом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://global-climate-change.ru/index.php>.

121 Сладкопевцев, С. А. Геоэкологическая оценка территорий [Текст] : Учебное пособие / С. А. Сладкопевцев. – М. : Изд-во МИИГАиК, 2011. – 130 с.

122 Сладкопевцев, С. А. Тематическое картографирование [Текст] : монография / С. А. Сладкопевцев. – М. : Изд-во МИИГАиК, 2010. – 130 с.

123 Смирнов, Л. Е. Аэрокосмические методы географических исследований [Текст] : учебник / Л. Е. Смирнов. – СПб. : Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2005. – 348 с.

124 Соколов, И. А. Вулканизм и почвообразование (на примере Камчатки) / И. А. Соколов. – М. : Наука, 1973. – 223 с.

125 Проекция Гаусса-Крюгера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.1/index.html>.

126 Справочник по физической географии Сахалинской области [Текст] / сост. З. Н. Хоменко. – Ю-Сахалинск : Сах. книж-е изд-во, 2003. – 112 с.

127 Трухин, В. И. Общая и экологическая геофизика [Текст] / В. И. Трухин, К. В. Показеев, В. Е. Куницын. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 576 с.

128 Туристическая карта Сахалинской области [Карты] / под. ред. П. Ф. Бровка – Владивосток: Дальпресс, 2007. – 1 к.

129 Управление данными рельефа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.1/index.html#>.

130 Характеристика субъекта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.65.mchs.gov.ru/folder/538217>.

131 Чекалин, С. И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии [Текст] : учебное пособие / С. И. Чекалин. – М. : Академический Проект, 2009. – 393 с.

132 Шайтура, С. В. Геоинформационные системы и методы их создания [Текст] : монография / С. В. Шайтура. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 1998 г. – 252 с.

133 Южно-Сахалинск и его окрестности: Масштаб 1:500 000 [Карты] / Под. ред. Н. М. Степанова – Хабаровск : ВТУ ГШ, 488 Военно-картографическая фабрика, 1993. – 1 к.

134 Южно-Сахалинск: План города в масштабе 1:10 000. – Карта юга Сахалина в масштабе 1:100 000 [Карты] / Под. ред. Т. Н. Гайфулиной – Хабаровск : Роскартография, 2007. – 1 к. (103 с.)

135 Экологический мониторинг и мероприятия по снижению уровня возможного негативного воздействия трубопроводов (проект «Сахалин 2») на окружающую среду острова Сахалин [Текст] / Мелкий В. А., Верхотуров А. А., Долгополов Д. В. и др. // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4. – С. 101–108.

136 Экология и безопасность жизнедеятельности [Текст] : учеб. пособие для вузов / под ред. Л. А. Муравья. – М. : ЮНИТИ–ДАНА, 2000. – 447 с.

137 Assessment of two methods to monitor wetness to control dust emissions [Текст] / D. P. Groeneveld, R. P. Watson, D. D. Barz, J. B. Silverman, W. M. Baugh // Owens Dry Lake, California. International Journal of Remote Sensing. – 2010. – P. 3019–3035.

138 Baugh, B. The use of remote sensing data for improving the economic efficiency of planning seismic [Текст] / B. Baugh // DigitalGlobe. – 2015. – № 1. – P. 39–43

139 Blakemore, M. Cartography and geographic Information systems [Текст] / M. Blakemore // Progr. Hum. Geogr. – 1988. – № 4. – P. 525–537.

140 Dictionary of GIS Trminology [Текст] // Ed by H. Kennedy. – ESRI Press, – 2001. – 118 p.

141 Dueker, K. J. Geographic information systems and computeraided mapping [Текст] / K. J. Dueker // J.Amer.Plann.ASSOC, – 1987. – № 3. – P. 383–390.

142 Emmelin L., Cherp A. National environmental objectives in Sweden: a critical reflection [Текст] // Journal of Cleaner Production. – 2016. – V. 123 – P. 194–199.

143 Galovski, V. Satellite Imagery Improves Quality of Seismic Surveys [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pobonline.com/articles>.

144 Gretchen, N. GIS cartography: a guide to effective map design [Текст] / N. Gretchen // Boca Raton : CRC Press. – 2009. – 224 p.

145 Griggs R.F. The vegetation of the Katmai dicriet [Текст] // Ecology. – 1936. – V. 17, – № 3. – P. 380–417

146 Evaluation of forest cover change using remote sensing techniques and landscape metrics in Moncayo Natural Park (Spain) [Текст] / M. C. Edurne, G. M. Alberto, A. L. A. Longares, L. Martin // Applied Geography. – V. 62 – P. 247–255.

147 Höppner, E. Snow Cover Mapping with NOAA-AVHRR Images in the Scope of an Environmental GIS Project for the Russian Altai (South Siberia)

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.karto.ethz.ch/ica-cmc/mt\\_hood/](http://www.karto.ethz.ch/ica-cmc/mt_hood/).

148 Jones, C. Geographical Information Systems and Computer Cartography [Текст] / C. Jones // Longman Limited. – 1997. – 319 p.

149 Kimmo, I. J. Soil data for environmental monitoring [Текст] / I. J. Kimmo, S. Advisor // Agro-Chem. News in brief. – 1995. – № 2. – P. 21–27

150 Lee, H. Y. An application of NOAA AVHRR thermal data to the study of urban heat islands [Текст] / H. Y. Lee // Atmospheric Environ. – 1993. – P. 1–13.

151 Mapping slope movements in Alpine environments using Terra SAR X interferometric methods [Текст] / Ch. Barboux, T. Strozzi, R. Delaloye, U. Wegmüller, C. Collet // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – November 2015 – V. 109 – P. 178–192.

152 Monitoring and predicting the fecal indicator bacteria concentrations from agricultural, mixed land use and urban stormwater runoff [Текст] / M. A. Paule Mercado, J. S. Ventura, S. A. Memon, D. Jahng, J. H. Kang, C. H. Lee // Science of the Total Environment. – 2016 – V. 550 – P. 1171–1181.

153 Pisoni, J.P. Satellite remote sensing reveals coastal upwelling events in the San MatRas Gulf – Northern Patagonia [Текст] / J. P. Pisoni, A. L. Rivas, A. R. Piola // Remote Sensing of Environment. – 2014 – V. 152 – P. 270–278.

154 Predicting eruptions from precursory activity using remote sensing data hybridization [Текст] / K. A. Reath, M. S. Ramsey, J. Dehn, P. W. Webley // Journal of Volcanology and Geothermal Research. – 2016 – V. 321 – P. 18–30.

155 Remote Sensing of Ships and Offshore Oil Platforms and Mapping the Marine Oil Spill Risk Source in the Bohai Sea [Текст] / Q. Xing, R. Meng, M. Lou, L. Bing, X. Liu // Aquatic Procedia. – 2015 – V. 3 – P. 127–132.

156 Review of studies of the Environment by remote sensing data in the Sakhalin State University [Текст] / Melkiy V. A., Pishchalnik V. M., Il'in V. V., Gal'tsev A. A., Zaripov O. M., Verkhoturov A. A., Eremenko I. V., Belyanina Ya. P. // – Mombetsu–2014 Symposium: Proceedings of the 29<sup>th</sup> International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. (16–19 February 2014, Mombetsu, Hokkaido, Japan). Japan,

Hokkaido, Mombetsu: The Okhotsk Sea & Cold Ocean Research Association, 2014. – P. 103–106.

157 Satellite Sensing: Risk Mapping for Seismic Surveys [Текст] / S. C. O. Grabak, A. C. D. Sweeney, R. H. M. Schachinger, A. Laake, D. J. Monk, J. Towart // Oilfield Review. – 2006. – P. 40–51

158 Stockholm Declaration on the Human Environment [Текст] // Report of the United Nations Conference on the Human Environment, UN Doc.A/CONF.48/14, at 2 and Corr.1 (1972)

159 SVERT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.imgg.ru/ru/teams/svert>.

160 The Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team (KVERT) [Текст] / V. Y. Kirianov, C. A. Neal, E. I. Gordeev, T. P. Miller // U.S. Geological Survey Fact Sheet FS. – 2002. – 2 p.

161 The integration of Artificial Night Time Lights in landscape ecology: a remote sensing approach [Текст] / M. Matteo, P. Sajid, R. Duccio, M. Markus, G. L. C. X., N. Markus // Ecological Complexity. – 2015 – V. 22 – P. 109–120.

162 USGS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://earthexplorer.usgs.gov/logout/expire>

163 Using remote sensing products to classify landscape. A multi spatial resolution approach [Текст] / P. GarcRa Llamas, L. Calvo, J.M. Lvarez MartRnez, S. Surez Seoane // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2016 – V. 50 – P. 95–105.

164 Volcanological study of the great Tambora eruption of 1815 [текст] / S. Self, M. R. Rampino, M. S. Newton, J. A. Wolff // Geology. – 1984 – V. 12. – № 11. – P. 659–663.