

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

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

Новосибирск – 2017

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сахалинский государственный университет» (СахГУ).

Научный руководитель – доктор технических наук Мелкий Вячеслав Анатольевич.

Официальные оппоненты:

Сладкопевцев Сергей Андреевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», профессор кафедры географии;

Аврунев Евгений Ильич, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий», заведующий кафедрой кадастра и территориального планирования.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет по землеустройству» (г. Москва).

Защита диссертации состоится 15 февраля 2018 г. в 10-00 час. на заседании диссертационного совета Д 212.251.04 при ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» по адресу: 630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10, ауд. 402.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий»:

<http://sgugit.ru/science-and-innovations/dissertation-councils/dissertations/verkhoturov-alexei-alexandrovich/>

Автореферат разослан 25 декабря 2017 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Дубровский А. В.

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 11.12.2017. Формат 60×84 1/16.

Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 185.

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ  
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ  
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

*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 в. 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 территорий, 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, которая, 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.); Международной конференции ИнтерКарто/ИнтерГИС 23. 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.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

*Во введении* обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, положения, выносимые на защиту, отражен уровень разработанности темы, определены методы и научная новизна работы, теоретическая и практическая значимость, приведены сведения о достоверности апробации результатов работы.

*В первом разделе* произведен обзор нормативно-правовой базы, которой руководствуются при ведении мониторинга окружающей среды в Российской Федерации, проанализирован отечественный, зарубежный и международный опыт создания систем мониторинга и приведена информация деятельности по наблюдению за состоянием природной среды в регионах Дальнего Востока России.

*Второй раздел* посвящен анализу природно-техногенных условий территории, а также разработке классификации интенсивности воздействия тектонических и магматических процессов на земли Сахалинской области.

Главные особенности земель Сахалинской области заключены в следующем:

– протяженная береговая линия; труднодоступность территории, преимущественно 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).

В результате проведенных полевых исследований, а также анализа научной литературы, посвященной исследованию тектонических и магматических процессов в Сахалинской области (рисунок 1), характеру их проявления и воздействия на земли составлена классификация интенсивности воздействия наблюдаемых процессов (таблица 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». Классификация учитывает объекты наблюдения, дифференцирует отдельные факторы по степени воздействия и конкретизирует параметры изменения состояния земель.



Рисунок 1 – Схема основных тектонических разломов и действующих вулканов на территории Сахалинской области

Таблица 1 – Классификация интенсивности воздействия тектонических и магматических процессов

Объекты	Показатель мониторинга состояния земель		Факторы воздействия на земли	Критерий воздействия на состояние земель
	Количественный	Качественный		
1	2	3	4	5
Вулканоопасные районы	Суммарная площадь и изменение площади в наблюдаемый период времени	P <sub>1</sub>  P <sub>2</sub>	Пирокластические и лавовые потоки  Сукцессия	Полное уничтожение природных ландшафтов (почвенно-растительного покрова), образование вулканических пустынь, представленных шлаковыми полями и лавовыми потоками  Заращение травянистой и кустарниковой растительностью

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Вулканоопасные районы	Суммарная площадь и изменение площади в наблюдаемый период времени	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

В третьем разделе разработана методика комплексного мониторинга земель, подверженных воздействию тектонических и магматических процессов на основе использования комбинаций космических снимков, их дешифрирования с проверкой результатов в полевых условиях.

Разработанной методикой последовательно решены вопросы формирования исходного массива данных картографического обеспечения, данных фактических наблюдений, полученных различными методами.

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 2).

Таблица 2 – Характеристики спутниковых аппаратов, обеспечивающих мониторинг земель в условиях воздействия активных тектонических и магматических процессов

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	250–1 000	2 300
		3–4	1 100	3 000
		1–2	375 / 750 на краях полосы	3 000
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

В ходе проведения диссертационного исследования использованы общедоступные космические снимки с космических аппаратов семейства Landsat, Sentinel-2. На базе Южно-Сахалинской научно-исследовательской станции приема и обработки спутниковой информации (ЮСНИС) СахГУ организован регулярный прием данных с Terra, Aqua, NOAA (рисунок 2).

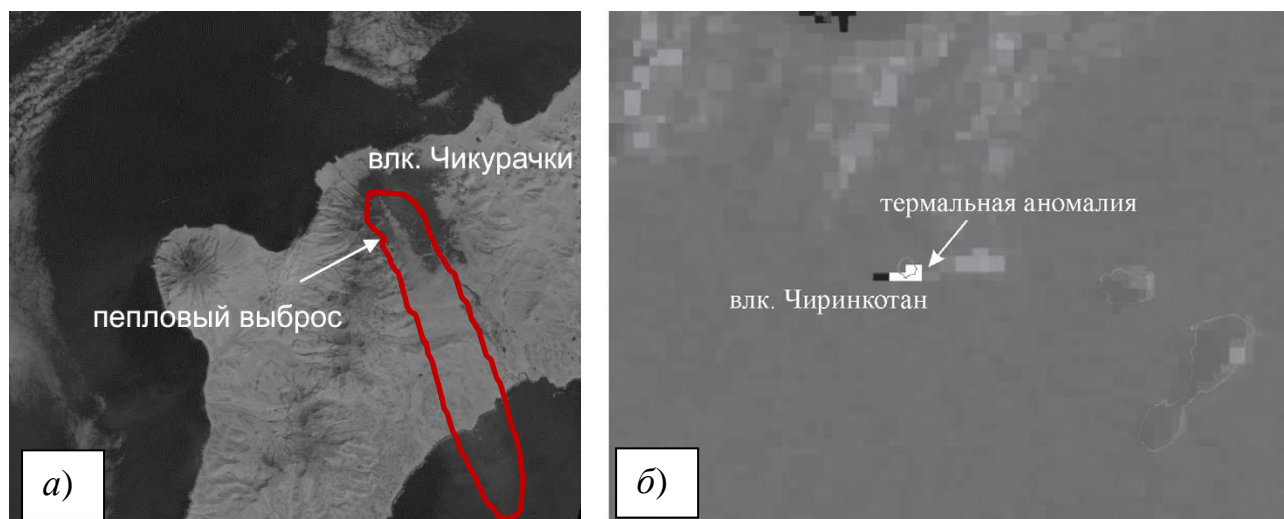


Рисунок 2 – Вулканическая активность по данным спутниковых аппаратов:

а) Landsat 8; б) NOAA

Набор наблюдаемых процессов определен в соответствии с таблицей 1. Разработаны четыре базы данных (БД), структурно входящих в банк данных. Особенностью предлагаемой методики является программно-аналитический комплекс, который обеспечивает функционирование БД и состоит из пяти блоков, необходимых для работы с данными массивов: картографического обеспечения и фактических наблюдений.

После прохождения процедур сбора и подготовки эти данные сохраняются в БД о «компонентах среды» и о «тектонно-магматических 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, производится прием заказов и выдача информации о состоянии земель в необходимой пользователю форме.

Функционирование банка данных 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).

Представленные методические решения в совокупности составляют методику комплексного мониторинга земель, подверженных воздействию тектонических и магматических процессов. Внедрение методики позволяет обеспечить проведение наблюдений и осуществлять оперативный контроль состояния земель.

В четвертом разделе представлена практическая реализация разработанной методики комплексного мониторинга земель, подверженных активному воздействию тектонических и магматических процессов: структурированы БД и адаптированы для работы в геоинформационном пространстве, разработан способ оценки состояния земель.



Рисунок 3 – Технологическая схема комплексного мониторинга земель в условиях воздействия активных тектонических и магматических процессов

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. Данный выбор обоснован широким функционалом по сравнению с MapINFO, ГИС панорама.

При реализации экспериментального геоинформационного проекта подготовлена векторная географическая основа с использованием топографических карт Генштаба, ГосГисЦентра, ЦМР – SRTM и космических снимков. Для подготовки картографического обеспечения мониторинга земель задействован блок сбора и подготовки данных, предложенный в технологической схеме разработанной методики (рисунок 4).

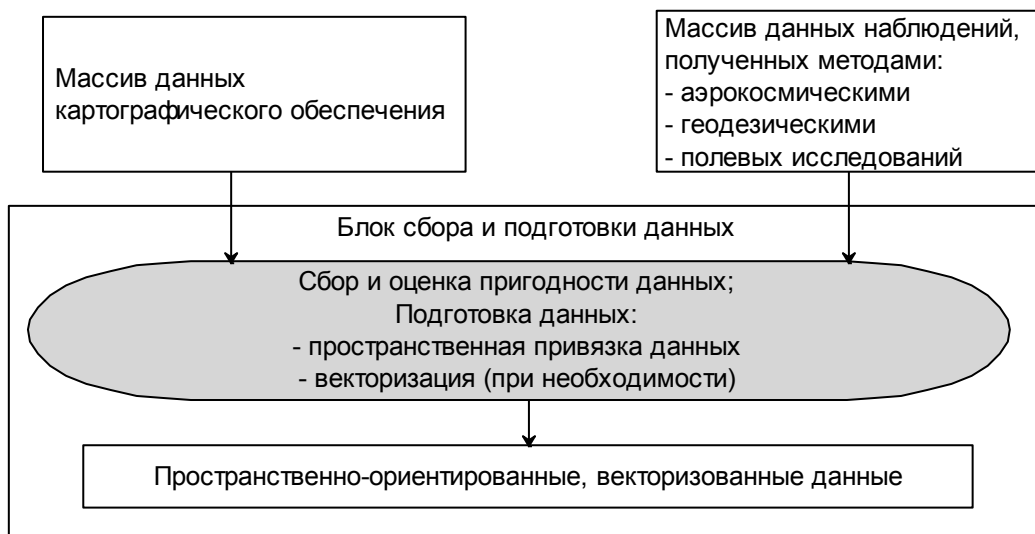


Рисунок 4 – Работа блока методики мониторинга земель по сбору и подготовке данных

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).

В БД заложена информация о природно-территориальных и территориально-производственных комплексах региона в виде тематических векторных слоев и растровых данных. Это позволяет полноценно обеспечивать мониторинг земель исходными 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 5).

FIQ	Shape *	Id	Номер	Название	Высота	Тип	Извержения	Характер
0	Точка	0	0900-01	Головина	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 Пл 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 Пл 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	Чирп	1589	С	1843	Эз 2
12	Точка	0	0900-091	Голодец-Торная	442	Кл	голодец	
13	Точка	0	0900-041	Львиная пасть	528	К	С-9400	Ц Эз Пл б
14	Точка	0	0900-05	Атсонупури	1205	С	1932	Эз 2
15	Точка	0	0900-05	Атсонупури	1205	С	1812	Эз 1
16	Точка	0	0900-10	Мадвежья	1124	СВ	1778	Ц Эз 2
17	Точка	0	0900-10	Мадвежья	1124	СВ	1883	Ц Эз Пл 2
18	Точка	0	0900-10	Мадвежья	1124	СВ	1946	Фр 2
19	Точка	0	0900-10	Мадвежья	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
Поллиния	2	1	Надвиговой	Региональный	215
Поллиния	1	2	Сбросовой	Региональный	167
Поллиния	1	3	Сбросовой	Трансрегиональный	612
Поллиния	3	4	Флексурно-разрывный	Региональный	109
Поллиния	1	5	Сбросовой	Региональный	150
Поллиния	1	6	Сбросовой	Региональный	124
Поллиния	1	7	Сбросовой	Региональный	126
Поллиния	1	8	Сбросовой	Субрегиональный	56
Поллиния	1	9	Сбросовой	Региональный	134
Поллиния	2	10	Надвиговой	Региональный	348
Поллиния	2	11	Надвиговой	Региональный	160
Поллиния	1	12	Сбросовой	Региональный	198
Поллиния	1	13	Сбросовой	Региональный	181
Поллиния	4	14	Погребенные разрывы	Субрегиональный	82
Поллиния	1	15	Сбросовой	Субрегиональный	63
Поллиния	1	16	Сбросовой	Субрегиональный	76
Поллиния	3	17	Флексурно-разрывный	Трансрегиональный	746
Поллиния	1	18	Сбросовой	Региональный	141
Поллиния	3	19	Флексурно-разрывный	Региональный	288
Поллиния	1	20	Сбросовой	Региональный	201
Поллиния	4	21	Погребенные разрывы	Региональный	254
Поллиния	4	22	Погребенные разрывы	Региональный	129
Поллиния	1	23	Сбросовой	Региональный	145

Рисунок 5 – Структурированные в атрибутивных таблицах массивы данных о тектонических разломах и вулканической активности

Предложенный в рамках разработанной методики способ оценки состояния земель реализуется блоком анализа текущего состояния и схематически представлен на рисунке 6. Способ апробирован на примере района вулкана Атсонупури (остров Итуруп).

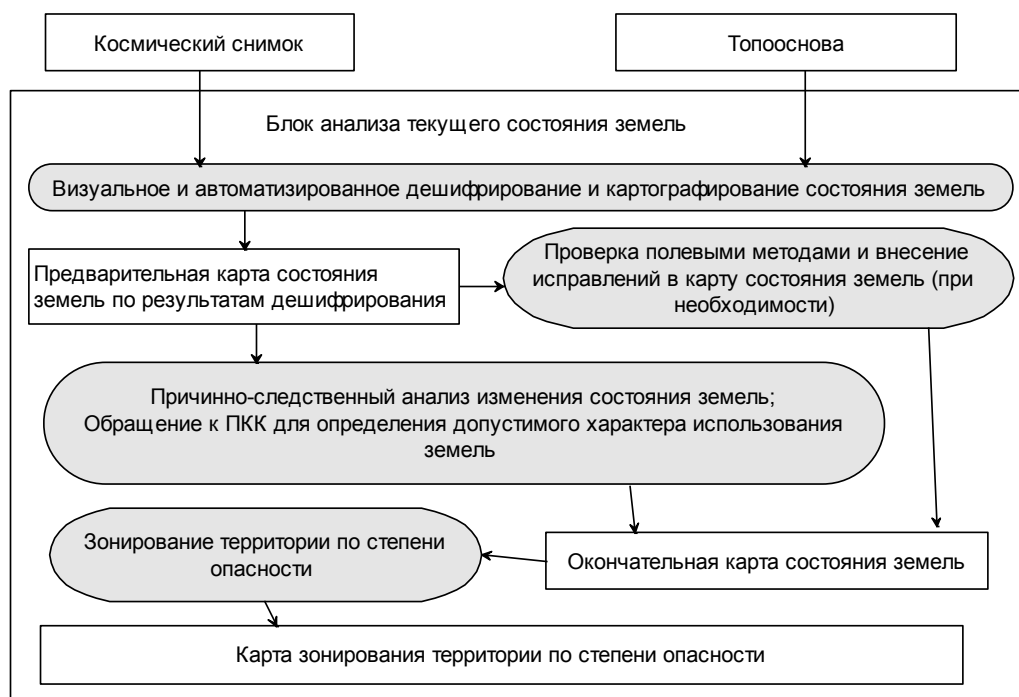


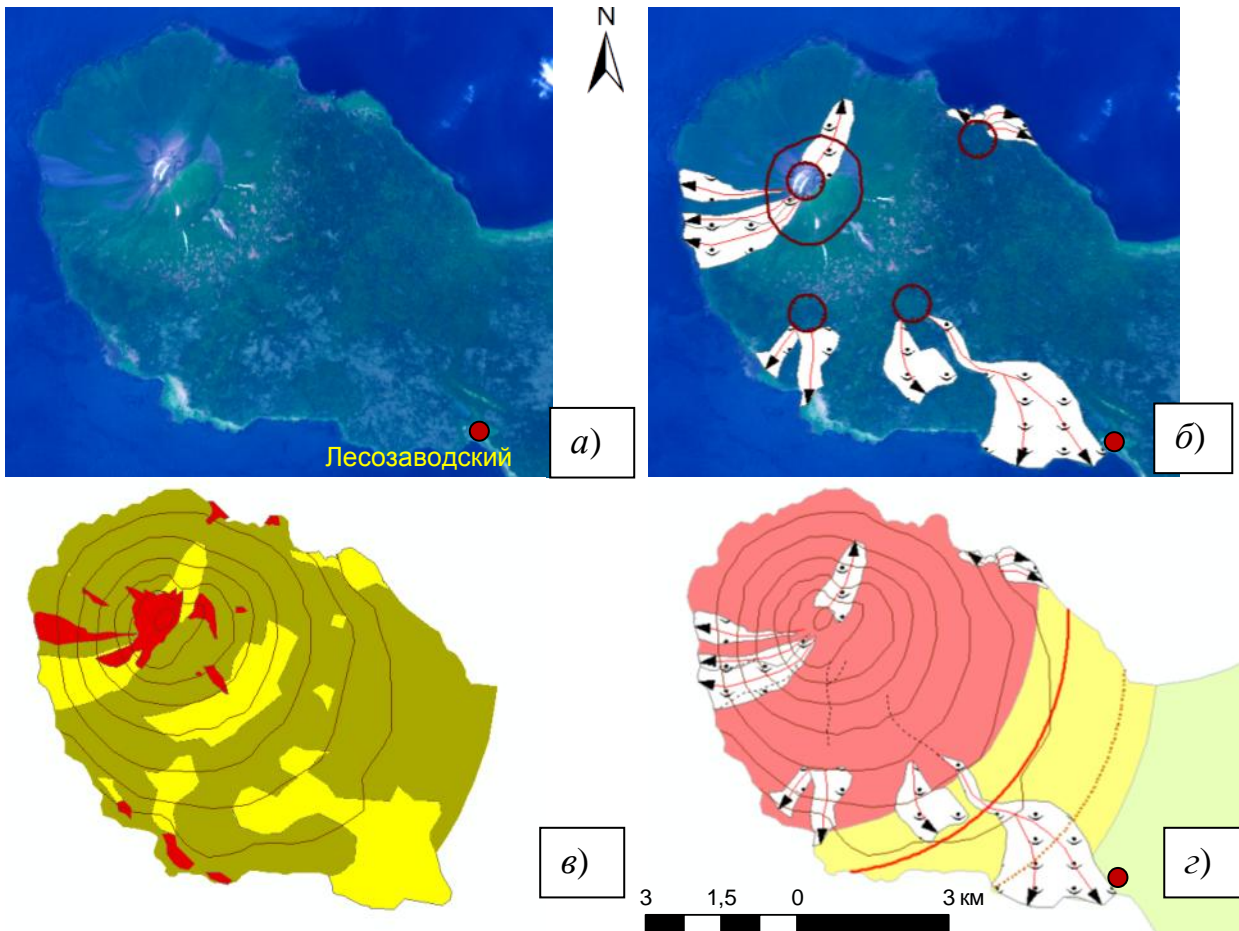
Рисунок 6 – Работа блока методики мониторинга земель по анализу текущего состояния земель

По космическому снимку Sentinel-2 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 7, а-в). Согласно данным публичной кадастровой карты, земли исследуемого района большей своей частью относятся к особо охраняемым природным территориям и к небольшому участку для эксплуатации пограничной заставы. Существенного антропогенного воздействия на земли рассматриваемого района не выявлено. Фактическое состояние земель оценено в соответствии с приведенной в таблице 1 классификацией и проверено полевыми наблюдениями (рисунок 7, в).

Поскольку район достаточно посещаем туристами и большую часть года в Лесозаводском находятся люди, имеется необходимость оценки вулканоопасности территории (рисунок 7, г).

Исследования 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.

Принцип работы блока по оценке динамики состояния земель (рисунок 8) в результате развития тектонических процессов приведен на примере последствий Невельского землетрясения 2007 г. (рисунок 9, а-в).



### Условные обозначения:

- Главный кратер
- Паразитический кратер
- Сомма
- Лавовые потоки
- Траектория движения лавовых потоков

### Воздействие

#### Степень

- P1
- P2
- P3

### Пределы распространения

- Пирокластические волны
- Пирокластические потоки
- Лахары

### Зоны опасности выпадения тefры

- 1
- 2
- 3

Рисунок 7 – Этапы подготовки карт состояния земель и вулканопасности:

- a)* исходный снимок; *б)* схема дешифрирования; *в)* картосхема состояния земель; *г)* зонирование территории по степени вулканопасности

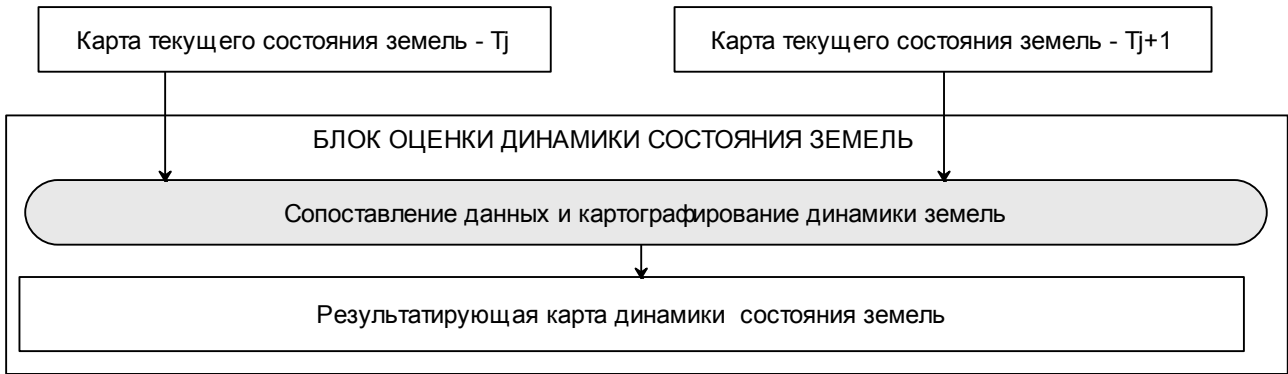


Рисунок 8 – Работа блока методики мониторинга земель по оценке динамики состояния земель

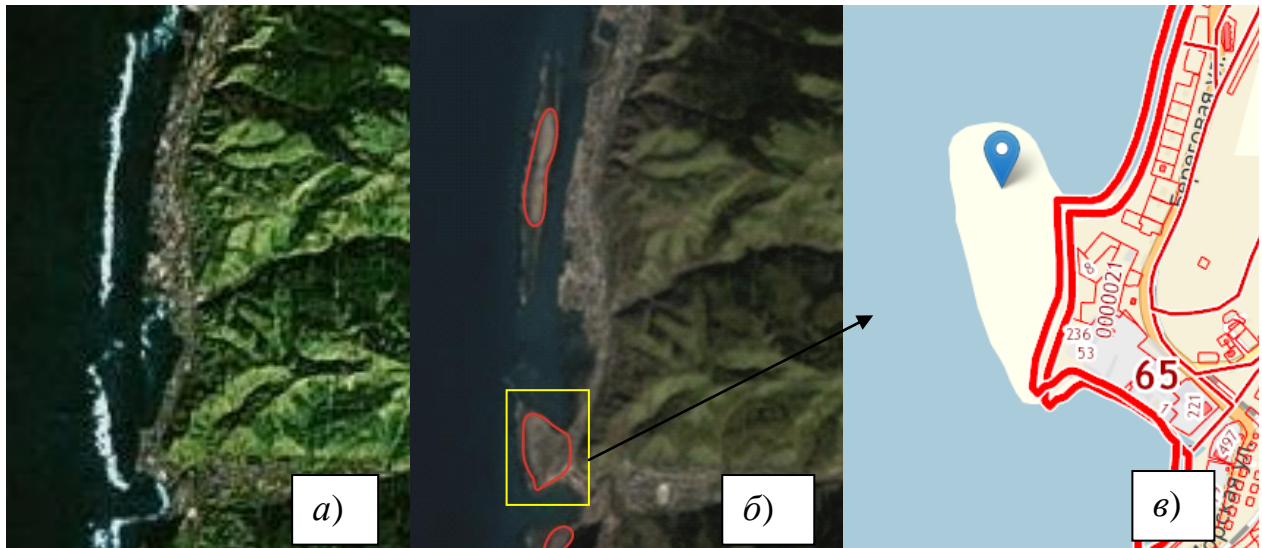


Рисунок 9 – Фиксирование изменения конфигурации береговой линии вдоль тектонического нарушения по оптическим космическим снимкам SPOT: а) до землетрясения; б) после землетрясения; в) детализация в публичной кадастровой карте

Стоит отметить тот факт, что спустя 10 лет, после явного изменения параметров береговой линии, территория площадью  $0,15 \text{ км}^2$  остается неучтенной.

Анализ изменений состояния земель производится путем сопоставления разновременных снимков с различным интервалом наблюдений. Кроме того, по косвенным признакам (трассируемые нарушения, уступы, оползни и т. д.) выявляются активные тектонические разломы.

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 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

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

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

$$C_{j,k}^i = P_i(t_k) - P_i(t_j), \quad (2)$$

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

Таким образом, в рамках разработанной методики, предложен способ оценки состояния земель на основе классификации интенсивности воздействия тектонических и магматических процессов, который позволяет определить количественные и качественные изменения.

## 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 – вулканах Баранского и Атсонупури (остров Итуруп), антропогенно-измененных землях (трасс трубопроводов, селитебных зон, карьеров) в Сахалинской области.

Рекомендации и перспективы дальнейшего исследования заключаются в совершенствовании предложенной методики с учетом развития средств дистанционного зондирования Земли и новых данных о механизме протекания тектонических и магматических процессов.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

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

3 Экологический мониторинг и мероприятия по снижению уровня возможного негативного воздействия трубопроводов (проект «Сахалин 2») на окружающую среду острова Сахалин [Текст] / В. А. Мелкий, А. А. Верхотуров,

Д. В. Долгополов и др. // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4. – С. 101–108.

4 Результаты исследований природных условий и инженерно-геологического строения долины реки Большая Александровка (о. Сахалин) [Текст] / В. А. Мелкий, В. В. Ильин, В. М. Пищальник, В. А. Сахаров, Н. С. Семенов, С. М. Первухин, А. А. Верхотуров и др. // Изв. Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – № 11 (326). – С. 6–19.

5 Мониторинг переноса придонного потока осадков в прибрежно-морской зоне шельфа для выявления основных параметров моделей состояния экосистем [Текст] / В. В. Ильин, В. А. Мелкий, А. А. Верхотуров, А. А. Гальцев, О. М. Зарипов, Д. В. Долгополов // Изв. Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – № 1 (327). – С. 100–109.

6 Мелкий, В. А. Разработка систем регионального мониторинга земель на основе атласного картографирования [Текст] / В. А. Мелкий, А. А. Верхотуров // Изв. Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – № 7 (327). – С. 66–83.

7 Мониторинг состояния ледяного покрова и ледовой обстановки в дальневосточных морях [Текст] / В. А. Мелкий, Д. В. Долгополов, В. М. Пищальник, А. А. Гальцев, В. А. Романюк, Н. С. Семенов, О. М. Зарипов, А. А. Верхотуров, М. И. Головина // Труды международного форума «Третье тысячелетие – новый мир» (Москва, 6–9 декабря 2011 г.). – М. : МИИГАиК, 2011. – С. 138–139.

8 Review of studies of the Environment by remote sensing data in the Sakhalin State University [Текст] / V. A. Melkiy, V. M. Pishchalnik, V. V. Il'in, A. A. Gal'tsev, O. M. Zaripov, A. A. Verkhoturov, I. V. Eremenko, Ya. P. Belyanina // 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.

9 Исследование оптической плотности изображений местности, покрытой лесной растительностью на Сахалине для составления классификатора [Текст] / А. А. Верхотуров, В. А. Мелкий, Я. П. Белянина, И. В. Еременко // Матер. III международной научно-практической конференции «Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований» (Москва, 13–14 марта 2014 г.). USA, North Charleston : Create Space. – 2014. – P. 67–69.

10 Верхотуров, А. А. Решение проблемы организации систем мониторинга земель в Сахалинской области [Текст] / А. А. Верхотуров // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2016. – № 3–3. – С. 34–41.

11 Верхотуров, А. А. Геоинформационное и картографическое обеспечение мониторинга для оценки состояния природно-техногенных комплексов Сахалинской области [Текст] / А. А. Верхотуров, В. А. Мелкий // Геоконтекст. – 2016. – Том 4, № 1 (4). – С. 30–44.

12 Мелкий, В. А. Технология комплексного мониторинга состояния земель и динамики природных процессов в Сахалинской области [Текст] / В. А. Мелкий, А. А. Верхотуров // ИнтерКарто/ИнтерГИС 23. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата : материалы Междунар. конф. – М. : Издательство Московского университета, 2017. – Т. 3. – С. 178–194.