

Государственный геологический музей
им. В.И. Вернадского РАН,
Дальневосточный федеральный университет,
Институт математики и компьютерных технологий

**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО – СОВРЕМЕННЫЕ
РЕШЕНИЯ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ
ITES-2025**

Материалы VII Всероссийской Конференции с международным участием,
Владивосток, 22-26 сентября 2025 г.

г. Владивосток

УДК 004:001 (063)

Цифровые технологии будущего — современные решения в науках о Земле
ITES-2025: Материалы VII Всероссийской конференции с международным
участием, Владивосток, 22-26 сентября 2025 г. / сост. А.А. Стрельцова. —
Владивосток: Издательство Дальневосточного федерального университета,
2025. — 82 с.

ISBN 978-5-91849-176-8

Материалы, представленные в сборнике, описывают результаты работ
участников, представленные на Конференции, в следующих направлениях:

- Унифицированные платформы геологических данных.
- Облачные технологии для интеграции данных, их обработки и анализа, визуализации в режиме совместной работы территориально распределенных геологов-пользователей.
- Разработка и адаптация методов и технологий искусственного интеллекта для решения геологических задач. Технологии искусственного интеллекта и обработки естественного языка для научных исследований в геологии. Опыт применения технологий машинного обучения в задачах прогнозирования и диагностирования геологических процессов.
- Дистанционное зондирование Земли из космоса. Беспилотные летательные аппараты в геологоразведке: создание карт местности, ортофотопланов, трёхмерных моделей рельефа и объектов на нём, а также обнаружение различных аномалий геологического характера и др.
- Цифровые двойники геологических объектов и процессов.
- Современные цифровые системы популяризации геологических знаний.

Тезисы докладов опубликованы в авторской редакции.

При финансовой поддержке

Гранта Государственной Программы стратегического академического
лидерства «**Приоритет-2030**»

ISBN 978-5-91849-176-8

© 2025 Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского
РАН, Дальневосточный федеральный университет

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНАЯ СЕССИЯ.....	9
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОЛОГИИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ	10
<i>Л.Е. Чесалов</i>	
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО - СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ	13
<i>В.В. Наумова, М.И. Патук, А.С. Еременко, А.А. Загумённых, В.С. Ерёменко</i>	
ТЕХНОЛОГИИ СЕМАНТИЧЕСКОГО ВЕБА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГЕОЛОГИИ	14
<i>И.В. Бычков, Е.А. Черкашин, О.В. Лунина, Т.Ю. Черкашина, О.А. Мазаева, Ц. Джан, В.А. Попова</i>	
ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ	16
<i>И.В. Бычков, Е.С. Фереферов, Р.К. Фёдоров, А.Е. Хмельнов</i>	
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EXPLORATION TARGETING FOR MINERAL RESOURCES	17
<i>E.J. Carranza</i>	
ИНТЕГРАЦИЯ РЕСУРСОВ В ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ РОСКОСМОСА: РЕШЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ	17
<i>А.И. Алексанин</i>	
Метавселенная «История Земли»: новые подходы в современном образовании	18
<i>А.С. Еременко</i>	
НАУЧНАЯ СЕССИЯ: ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКЕ, ГЕОХИМИИ	21
МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА - AI ВИРТУАЛЬНЫЙ СОАВТОР ГЕОЛОГА-ИССЛЕДОВАТЕЛЯ	22
<i>В.С. Ерёменко, В.В. Наумова</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕКСТОВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПУБЛИКАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ	23
<i>М.И. Патук, В.В. Наумова</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКОМ РЕГИОНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.....	24
<i>С.Л. Шевырев, Э.Дж.М. Карранза, Н.Г. Борискина</i>	
АНАЛИЗ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ НОВЫХ УЧАСТКОВ МИНЕРАЛИЗАЦИИ	25
<i>Х.А.М. Махмуд, В.В. Дьяконов, В.Е. Марков</i>	
ПОИСК РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ: МЕЧТЫ И РЕАЛЬНОСТЬ	27
<i>Е.Е. Колова, А.Н. Глухов</i>	

ИС ЕГИП - ИНТЕГРАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ	28
<i>С.С. Ратьков</i>	
ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ОБНАЖЕНИЙ ГОРНЫХ ПОРОД: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА	29
<i>О.В. Лунина, А.С. Низовцев</i>	
СПУТНИКОВЫЕ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ МИССИИ И МОДЕЛИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ АЛТАЕ-САЯНСКОГО РЕГИОНА	30
<i>В.Ю. Тимофеев, Д.Г. Ардюков, А.В. Тимофеев, М.Г. Валитов, Д.Н. Голдобин</i>	
ЦИФРОВОЕ КАРТИРОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУР В ОРИЕНТИРОВАННЫХ ШЛИФАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД ТУЮКАНСКОГО РУДНОГО УЗЛА В ПРИЛОЖЕНИИ К СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ	30
<i>И.А. Кочкин, С.А. Устинов, В.А. Петров</i>	
ТРЕХМЕРНОЕ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ТВЁРДОГО ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО В ПРЕДЕЛАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	32
<i>А.А. Якушев, А.Л. Киндеев, М.В. Воробей</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА МАСШТАБА ПРИ ОЦЕНКЕ АНИЗОТРОПИИ АДДИТИВНЫХ И НЕАДДИТИВНЫХ СВОЙСТВ МИКРОКЕРНОВ	33
<i>Д.В. Добролюбова, А.Ю. Кутищева, С.И. Марков</i>	
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИКИ РАН «ГЕЛИОГЕОФИЗИКА» (ИАС ИКИ ГГФ). ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ТРАНСФОРМАЦИИ.	33
<i>О.В. Никифоров, Р.Ю. Лукьянова, И.А. Шагурин, А.М. Мёрзлый, А.Т. Янаков, И.А. Уваров, Г.С. Филатов, И.А. Моисеев</i>	
ВАРИАЦИИ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА МИКРОСЕЙСМ КАК ПРОГНОЗНЫЙ ПАРАМЕТР СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ В БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ СИСТЕМЕ	34
<i>Л.П. Брагинская, А.П. Григорюк, В.В. Ковалевский, А.А. Добрынина</i>	
МАНТИЙНАЯ КОНВЕКЦИЯ В ЗОНЕ СУБДУКЦИИ (ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ)	35
<i>А.Н. Четырбоцкий</i>	
ПОВЫСОТНАЯ АЭРОМАГНИТНАЯ СЪЕМКА ДЛЯ IN SITU ИЗМЕРЕНИЙ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГРАДИЕНТА МАГНИТНОГО ПОЛЯ	35
<i>И.М. Алёшин, А.А. Соловьев, Я.В. Таран</i>	
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАССИВА «ВЯЛИМЯКИ» ПРИ ПОМОЩИ БВС.....	36
<i>И.М. Алёшин, М.А. Матвеев, Д.К. Мокров, Ю.А. Морозов, Ф.В. Передерин, Н.К. Розенберг, Я.В. Таран, К.И. Холодков, В.М. Щербаков</i>	
АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ АТРИБУТОВ ПО РЕГИОНАЛЬНОМУ КАТАЛОГУ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В РАЙОНЕ ЯПОНСКИХ ОСТРОВОВ	38
<i>Е.В. Цибизова, Т.А. Ступина, Н.А. Бушенкова</i>	
МОНИТОРИНГ КРАТЕРНОЙ ЗОНЫ АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА ПО ДАННЫМ ГНСС-НАБЛЮДЕНИЙ И БЕСПИЛОТНОЙ АЭРОФОТОСЪЕМКИ В 2020-2025 ГГ.	39
<i>И.К. Миронов, К.М. Магуськин, В.М. Магуськин</i>	

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ВИБРОСЕЙСМИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА КАРАБЕТОВА ГОРА	40
<i>В.В. Ковалевский, Л.П. Брагинская, А.П. Григорюк, Д.А. Караваев</i>	
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ РАДИОВЫСОТОМЕРА ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АЛГОРИТМОВ РЕТРЕКИНГА	41
<i>А.О. Слободянюк, С.А. Лебедев</i>	
МЕЖВЕДОМСТВЕННАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЫСОКОШИРОТНАЯ РАДИОТРАССА ИКИ РАН – ОСНОВА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МОСКОВСКОГО ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКОГО МЕРИДИАНА.....	42
<i>А.Т. Янаков, А.А. Петрукович, А.М. Мёрзлый, А.М. Садовский, И.В. Мингалёв, Я.А. Сахаров</i>	
БЕСПИЛОТНАЯ ДОБЫЧА ВУЛКАНИЧЕСКИХ МЕТАЛЛОВ.....	42
<i>В.Н. Ардасенов</i>	
НАУЧНАЯ СЕССИЯ: ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОКЕАНОЛОГИИ, ФИЗИКЕ АТМОСФЕРЫ И ГЕОГРАФИИ.....	44
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ ТРОПИЧЕСКОГО ЦИКЛОНА НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	45
<i>А.С. Еременко</i>	
СЕМАНТИЧЕСКАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ MODIS ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО.....	47
<i>А.В. Зацерковный, Е.В. Кустова</i>	
НЕЙРОСЕТЕВЫЕ АЛГОРИТМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ СНИМКОВ В ВЫСОКОТОЧНЫЕ ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА	47
<i>А.А. Олин, И.В. Екимов</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ВИЗУАЛИЗИРОВАННЫХ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА ДЛЯ МОРФОСТРУКТУРНОГО И МОРФОТЕКТОНИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ДНА МОРЕЙ И ОКЕАНОВ	48
<i>А.А. Гаврилов</i>	
ЦИФРОВЫЕ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (МАСШТАБ 1:1 000 000).....	50
<i>Д.С. Дроздов, Г.В. Малкова, Ю.В. Коростелев, Н.М. Бердников, Д.А. Абрамов, Д.В. Сироткин</i>	
ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПЛОЩАДКИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА «КУМЖА», РАСПОЛОЖЕННОЙ В ДЕЛЬТЕ РЕКИ ПЕЧОРА	51
<i>Г.В. Малкова, М.Р. Садуртдинов, А.Г. Скворцов, Ю.В. Коростелев, А.М. Царев, С.Ю. Давыденко, М.С. Судакова</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНОЙ АЭРОФОТОСЪЕМКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТРОЕНИЯ И РАЗВИТИЯ МЫСА ТЫТЕРИ НА БАЙКАЛЕ	52
<i>М. А. Лунина</i>	
ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА АНТАРКТИЧЕСКИХ ОАЗИСОВ	53
<i>И.В. Флоринский</i>	
МОНИТОРИНГ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СКЛОНОВЫХ КРИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ И БПЛА	54

А.В. Хомутов, М.О. Лейбман, Р.Р. Хайруллин, И.И. Тарасевич, Н.Б. Нестерова, М.М. Данько

КРУПНОМАСШТАБНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ НАРУШЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЮЖНО-САХАЛИНСКОГО ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА..... 55

К.А. Швидская, А.В. Копанина

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ МНОГОМЕТОЧНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ И СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА ИЗМЕНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ НАЗЕМНОГО ПОКРОВА 56

В.И. Балун, С.М. Краснопеев

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТИ LSTM ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗА КРИТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ F2СЛОЯ ИОНОСФЕРЫ(FOF2) НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ОБСЕРВАТОРИИ ИЗМИРАН В КАРПОГОРАХ 57

Г.С. Филатов, А.М. Мёрзлый, И.А. Моисеев, О.В. Никифоров, В.Н. Шубин, В. М. Верещагина, И.А. Шагурин, А.Т. Янаков

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ Р-ВОЛНЫ В ДАННЫХ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ С ПОМОЩЬЮ ГЛУБОКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ 58

Р.А. Пащенко

ЭФФЕКТЫ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ 59

Я.А. Сахаров, В.Н. Селиванов, В.А. Билин, Т.В. Аксенович, А.М. Мёрзлый, А.Т. Янаков, А.М. Садовский, А.А. Петрукович

АДАПТАЦИЯ ВДОЛЬТРЕКОВЫХ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЧЁРНОГО МОРЯ..... 60

А.В. Сахно, С.А. Лебедев

ОБНАРУЖЕНИЕ КОВУЛКАНИЧЕСКИХ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ИОНОСФЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО И ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ..... 61

А.С. Тен, А.А. Сорокин, Н.В. Шестаков

СИСТЕМА НАУЧНОЙ ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ОБ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОТОКА ЭНЕРГИИ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА В ИОНОСФЕРЕ ЗЕМЛИ..... 62

И.А. Шагурин, В.Ю. Попов, О.В. Никифоров, И.А. Уваров

НАУЧНАЯ СЕССИЯ: СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ СБОРА, ИНТЕГРАЦИИ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ НАУК О ЗЕМЛЕ 63

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕОПРИВЯЗКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С БПЛА 64

А.И. Алексанин, М.Г. Алексанина, В.Д. Блохина, Б.А. Грузков

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ВЫСОКОТОЧНАЯ ОБРАБОТКА БОЛЬШИХ ПОТОКОВ ДАННЫХ В ОТЕЧЕСТВЕННОМ СЕГМЕНТЕ ДЗЗ..... 65

Е.Н. Боровенский, Д.И. Федоткин, Д.В. Сысенко, А.В. Ядыкин, Д.Н. Голубев, Г.М. Балян, М.В. Песоцкий, Д.Ю. Метт

СЕРВИС ОБРАБОТКИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ИИ АГЕНТОВ..... 67

А.А. Загумённых

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ АЭРОФОТОСЪЕМКИ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ	68
<i>А.А. Кадочников</i>	
НЕРЕЛЯЦИОННЫЙ ПОДХОД К ХРАНЕНИЮ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ.....	69
<i>Н.А. Кубасов</i>	
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ ...	70
<i>М.А. Коркина, А.Н. Савичев, А.П. Жабоедов, К.В. Игуменцев</i>	
НАУЧНАЯ СЕССИЯ: СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ НАУК О ЗЕМЛЕ	72
НАУЧНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В МЕТАВСЕЛЕННОЙ: ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ ГЕОЛОГИИ.....	73
<i>А.О. Госькова, А.С. Еременко</i>	
КОМПЛЕКС ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ КАК СРЕДСТВО ПОПУЛЯРИЗАЦИИ ЗНАНИЙ О ВОДНЫХ РЕСУРСАХ КУРИЛО-КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА.....	74
<i>А.А. Долгая, Е.Г. Калачева</i>	
МЕТОДЫ ПОИСКА И ПОПУЛЯРИЗАЦИИ НОВЫХ И АРХИВНЫХ ПОЛНОТЕКСТОВЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТАТЕЙ	75
<i>С.В. Синявина, Н.А. Мазов, В.Н. Гуреев</i>	
СОХРАНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ, НА ПРИМЕРЕ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	76
<i>Т.В. Сукманова, Н.С. Белов, Г.С. Михневич, У.А. Пряхина</i>	

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта публикация представляет собой Краткие тезисы докладов VII Всероссийской Конференции с международным участием **«ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО — СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ. ITES -2025»**.

Основная цель Конференции состоит в том, чтобы привлечь на Дальний Восток ведущих исследователей и экспертов в информационных технологиях, прикладной математике, геоинформатике, геофизике, системном анализе из различных организаций РФ для обмена знаниями и опытом и обсуждения возможностей сотрудничества.

Организаторам представляется важным представление ведущими специалистами докладов по актуальным направлениям исследований в области цифровых технологий будущего для наук о Земле: больших данных, облачных технологий, искусственного интеллекта, цифровых двойников, беспилотных летательных аппаратов и др. Важными также являются обсуждения вопросов цифровой популяризации научной деятельности, а также вопросов вовлечения в науку молодежи и студентов и организация взаимодействия между учеными, представляющими различные области знаний.

Интеграция академической и вузовской науки Москвы, Новосибирска и Владивостока стала определяющим фактором при выборе региона для проведения очередной Конференции 2025 года.

Мы предполагаем, что Конференция будет способствовать повышению эффективности использования результатов научной деятельности органами исполнительной власти и организациями, связанными с контролем и управлением природными ресурсами, предупреждением и ликвидацией последствий чрезвычайных природных и антропогенных ситуаций, проектно-изыскательскими работами.

Специалисты из институтов РАН и университетов, из 20 городов РФ: Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Томска, Иркутска, Красноярска, Магадана, Петропавловска-Камчатского, Южно-Сахалинска, Тюмени, Апатитов, Волгограда, Кемерово, Владивостока и др., а также из Республики Беларусь и Южно-Африканской республики приняли участие в этой Конференции и представили в эту книгу краткие тезисы своих докладов.

В ходе конференции рассмотрены современные достижения, полученные в рамках четырех главных направлений исследований, в том числе и их практические приложения.

Первое объединяет разработки, связанные с особенностями данных (в том числе и Big Data) в науках о Земле: новые концепции и методы, инструменты их сбора, интеграции и обработки в различных информационных системах, в том числе и в системах с интенсивным использованием данных.

Второе связано разработкой и адаптацией методов и технологий искусственного интеллекта для решения научных, и в частности, геологических и геофизических задач.

Третье — с цифровыми инструментами анализа и обработки информации и виртуальными ассистентами.

Четвертое — с популяризацией научных знаний.

Наумова В.В.

Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН

PLENARY SESSION

ПЛЕНАРНАЯ СЕССИЯ

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОЛОГИИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Л.Е. Чесалов

ФГБУ «Гидроспецгеология» (Москва, Россия)

chesalov@specgeo.ru

Аннотация: Рассмотрен опыт развития цифровых технологий в геологии и добывающих отраслях, включая государственные и частные структуры, промышленные, научные и образовательные учреждения. Приведены результаты использования цифровых технологий для широкого спектра исследований в области геологоразведки и добычи, рассмотрены преимущества и недостатки. Предложены подходы, способные обеспечить качественный прирост знаний и информации в области геологии.

Ключевые слова: цифровые технологии, геология, добывающие отрасли, информационные системы.

Цифровые технологии в геологии развиваются более 60 лет. Использование цифровых технологий в геологии и недропользовании за последние годы находится под влиянием двух разнонаправленных факторов – взрывной интерес к технологиям искусственного интеллекта и снижение конъюнктуры минерального сырья и энергетических ресурсов. Следует отметить, что снижение конъюнктуры сырья ведет к поиску более дешевых методов геологического изучения, что также усиливает интерес к цифровым технологиям прогнозирования, поисков разведки и разработки месторождений.

Внедрение цифровых технологий на раннем этапе (70-80-ые), как правило, не давало прямого экономического эффекта – затраты на информационную инфраструктуру не окупались. Однако появлялись новые возможности, особенно в области сбора, хранения и обработки геологической информации, что стимулировало разработку алгоритмов и программ. Современный этап начался в конце 80-х – начале 90-х и связан резким удешевлением компонентов информационной инфраструктуры (IBM-совместимые персональные компьютеры). За прошедшие 35 лет практически исчезли из массового сегмента разнообразные RISC процессоры и архитектуры, несовместимые с Intel. Развитие открытого программного обеспечения обеспечило доступность алгоритмов обработки и интерпретации, а относительная низкая эффективность их реализация компенсируется вычислительной мощностью. Рост возможностей и конкуренция технологий ИИ (OpenAI DeerSeek и др.) за последнее время также создает уникальные возможности для развития цифровых технологий в прикладных областях.

Использование цифровых технологий в геологии и недропользовании можно условно разделить на три направления:

1. Традиционное (условно-пассивное), связанное со сбором и хранением геологической информации. В рамках этого направления развивается автоматизация сбора, повышение эффективности хранения и доступа, стандартизация и технологии обмена данными. Именно это направление создает основу (в т.ч., пресловутые «датасеты») для дальнейшего использования и развития. Резкое удешевление твердотельных накопителей существенно расширило возможности по хранению данных.

2. Традиционное (условно-активное), связанное с промышленными аналитическими решениями по обработке геологической, геофизической и геохимической информации. В рамках этого направления решаются задачи информационной поддержки разработки месторождений и переработки сырья. Многие реализуемые алгоритмы являются вычислительно-емкими. К сожалению, иллюзия бесконечного роста вычислительной мощности отодвинула на второй план поиск более эффективных алгоритмов обработки.

3. Инновационные решения, направленные как на решение новых задач, так и на повышение эффективности традиционных методов обработки. Эти решения активно развиваются во всех областях геологии, однако есть области, вызывающие больший интерес. Всеобщий ажиотаж и эйфория машинного обучения ведет к переоценке качества получаемых решений, спорным подходам к формированию датасетов для обучения и часто к игнорированию физических основ методов и измерений.

Рост использования цифровых технологий наблюдается во всех секторах – государственное управление и геологическое изучение недр за счет бюджета, разведка и разработка месторождений (преимущественно частный сектор), наука и образование. Существенно разные направления развития цифровых технологий характерны для государственного и частного секторов.

Государственный сектор преимущественно заинтересован в совершенствовании управления фондом недр, в соответствии со стратегическими задачами отрасли. За последние годы выполнен переход к цифровому лицензированию права пользования недрами, идет реформирование отчетности недропользователей, экспертизы и разрешительной деятельности. Генеральное направление – обеспечение прозрачности деятельности недропользователей для государства, улучшение возможностей мониторинга и управления. Так же есть движение в сторону улучшения доступа к накопленной геологической информации, совершенствования ее сбора и хранения.

Общий интерес государства и частного сектора связан с исчерпанием поискового задела (т.е. возможностей открытия новых месторождений полезных ископаемых), что стимулирует интерес к прогнозно-поисковым исследованиям, в том числе с помощью инновационных методов. На практике частный сектор видит в цифровых технологиях средство снижения издержек (и себестоимости), особенно связанных с ресурсо- и энергоемкими технологиями добычи и переработки сырья. Возможности глобальной оптимизации процессов недропользования связывают с технологиями «цифровых двойников» - от цифрового ядра до цифрового месторождения.

Для частного сектора российского недропользования характерно отсутствие коллаборации между компаниями для совместного развития новых технологий. Сотрудничество в этой сфере с вузами и научными организациями также зачастую оказывается номинальным и малоэффективным. Таким образом, единственным способом получения новых цифровых технологий является их закупка или разработка собственными силами, что доступно только крупным компаниям.

Для вузов, ведущих собственную разработку цифровых технологий, определяющим фактором является наличие связей с заказчиком – крупной компанией. Или параллельное создание компаний-разработчиков, пользующихся ресурсами вузов, но действующих на рынке независимо в качестве сервисных компаний.

В качестве научных организаций в настоящее время можно рассматривать только учреждения Академии наук. Отраслевые организации либо остались под контролем государства и выполняют задания, связанные с управлением недрами и геологическим изучением недр за счет государства, либо перешли под контроль крупных недропользователей, либо прекратили свое существование. Организации, созданные вузами, полностью зависят от вуза и сотрудничества с определенной компанией-недропользователем.

Независимых разработчиков новых информационных технологий следует относить к категории сервисных компаний. Для них так же крайне важно сотрудничество с крупными игроками – государством или частной компанией.

Основные направления цифровых инноваций в геологии и недропользовании:

1. Прогнозно-поисковые исследования на основе машинного обучения. В этой области прикладываются очень большие усилия, однако результаты пока скромные или непубличные. Нет сведений о крупных открытиях в России, сделанных с помощью

искусственного интеллекта. В то же время есть публикации о крупных успехах в мировой практике.

2. Оптимизация производственных процессов при разведке и добыче, особенно для дорогостоящего оборудования. Высокая эффективность и реальная экономия.

3. Применение машинного зрения. При высокой эффективности в других отраслях геология и недропользование еще ждут развития и применения новых технологий на этой основе.

4. Создание эффективных баз и банков данных. Направление несколько отошло на второй план, хотя именно надежные данные являются основой успеха для любых цифровых технологий. Есть отдельные успехи у частных компаний, организация современных высокоэффективных государственных архивов (фондов) еще находится в стадии проектирования.

5. Разработка информационных систем и сервисов для недропользователей. В значительной мере инициатива принадлежит государству, есть отдельные попытки создания независимых сервисов для рынка.

6. Решение типовых задач обработки и интерпретации геолого-геофизической информации. Идет развитие традиционных аналитических подходов, применение машинного обучения пока не дает прорывных результатов.

7. Разработка и использование языковых моделей. Потенциально высокоэффективное направление – значительная часть геологической информации представлена текстами. Есть одиночные попытки реализации небольших моделей, в то время как геологические службы англоязычных стран давно развивают это направление.

Именно геология и недропользование являются той сферой научно-технической деятельности, где могут быть получены прорывные результаты. Многие отработанные в других отраслях технологии ждут своего применения. Большой резерв сосредоточен в организации эффективного сотрудничества и взаимодействия организаций разных секторов. Высокая рыночная востребованность результатов гарантирована отсутствием альтернативных источников минеральных ресурсов и невозможностью полной замены ископаемого топлива альтернативной энергетикой в ближайшее время.

DIGITAL TECHNOLOGIES IN GEOLOGY: STATUS AND PROSPECTS

L.E. Chesalov

FSBi "HYDROspetzgeologiya" (Moscow, Russia)

chesalov@specgeo.ru

Annotation: The experience of the development of digital technologies in geology and extractive industries, including governmental and private structures, industrial, scientific and educational facilities, is considered. The results of the using of digital technologies for a wide range of studies of geological exploration and production, the advantages and disadvantages are considered. The approaches that can provide a qualitative increase in knowledge and information in the field of geology are proposed.

Keywords: digital technologies, geology, extractive industry, information systems.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО - СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

В.В. Наумова¹, М.И. Патук¹, А.С. Еременко^{1,2,3}, А.А. Загумёнов^{1,2,3}, В.С. Ерёмченко¹

¹Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН (Москва, Россия)

²Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН (Владивосток, Россия)

³Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Россия)

В работе обсуждаются технологии, способные радикально изменить развитие сразу многих областей: искусственный интеллект, квантовые технологии, большие данные, технологии беспроводной связи, системы распределенного реестра и др. Авторами рассматривается ряд перспективных технологий ближайшего будущего, которые в настоящее время имеют перспективы применяться в науках о Земле. Проведен обзор применения этих технологий для решения различных геологических задач, в том числе и результатов, полученных авторами.

Работа выполняется в рамках Гос. Темы Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН (FMMR-2025-0001) Рег. №1022061000107-4-1.5.1 «Естественнонаучные музеи в едином цифровом пространстве геологических знаний»

DIGITAL TECHNOLOGIES OF THE FUTURE - MODERN SOLUTIONS IN EARTH SCIENCES.

V. V. Naumova¹, M. I. Patuk¹, A. S. Eremenko^{1,2,3}, A. A. Zagumennov^{1,2,3}, V. S. Eremenko¹

¹Vernadsky State Geological Museum RAS (Moscow, Russia)

²Institute of Automatic and Control Processes of FEB RAS (Vladivostok, Russia)

³Far East Federal University (Vladivostok, Russia)

The article discusses technologies that can radically change the development of many areas at once: artificial intelligence, quantum technologies, big data, wireless communication technologies, distributed registry systems. The authors consider a number of promising technologies of the near future that currently have prospects for application in Earth sciences. The review of the application of these technologies to solve various geological problems, including the results obtained by the authors, is carried out.

The work is carried out within the framework of the State Theme of the Vernadsky State Geological Museum of the Russian Academy of Sciences (FMMR-2025-0001) Reg. No. 1022061000107-4-1.5.1 "Natural Science museums in the unified digital space of geological knowledge"

ТЕХНОЛОГИИ СЕМАНТИЧЕСКОГО ВЕБА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГЕОЛОГИИ

*И.В. Бычков¹, Е.А. Черкашин^{1,3}, О.В. Лунина², Т.Ю. Черкашина², О.А. Мазаева², Ц. Джан⁴,
В.А. Попова^{1,3}*

¹Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН (Иркутск, Россия)

²Институт земной коры СО РАН (Иркутск, Россия)

³Иркутский государственный университет (Иркутск, Россия)

⁴Институт гражданского строительства, Яньтайский университет (Шандун, Китай)

eugeneai@icc.ru

В настоящее время, в связи с созданием и внедрением новых информационных технологий в геологии и смежных областях знаний существенно увеличиваются объемы наблюдаемых и накапливаемых данных. В докладе обсуждаются подходы к организации хранения частично структурированной геологической информации, а также применение методов искусственного интеллекта для ее обработки. Предложены концепция представления данных, организация распределенного хранения информации и вычислительная инфраструктура, поддерживающие междисциплинарные исследования в геологии. Представлены методики применения технологий семантического веба (СВ) для хранения данных и методы их обработки, используя графы знаний (ГЗ) [1] и облачные хранилища данных. СВ позволяет представлять хранимые данные в виде отношений (семантических связей) между информационными единицами, производить реконфигурацию данных при увеличении объема информации и создания новых отношений в хранимых данных. Такой подход, основанный на активном использовании метаинформации (Т-Бокса онтологий), представленной в явном виде в ГЗ, позволяет создавать обработчики запросов к базам данных на естественном языке, комбинировать нейронные сети и логический вывод при обработке изображений, например, ДДЗЗ, проводить идентификацию моделей и другие процедуры.

В докладе приведен ряд примеров, демонстрирующих применимость предложенных методик: представление данных о разломах земной коры с применением СВ, выполнение запросов и визуализация результатов в виде карт; определение координат береговой линии на основе сегментации изображений Segment Anything, семантической разметки Openstreetmap и логического вывода оценки признаков, в том числе пространственных; представление аналитических данных проведенных геохимических исследований с последующей идентификацией модели оценки загрязнений и пространственной визуализацией результатов. Представлены результаты первого этапа крупного научного проекта «Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды» (грант Минобрнауки России, соглашение от 23.04.2024 г. № 075-15-2024-533).

SEMANTIC WEB TECHNOLOGIES FOR SUPPORTING FUNDAMENTAL RESEARCH IN GEOLOGY

*I.V. Bychkov¹, E.A. Cherkashin^{1,3}, O.V. Lunina², T.Yu. Cherkashina², O.A. Mazaeva², J. Zhang⁴,
V.A. Popova^{1,3}*

¹Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory (Irkutsk, Russia)

²Institute for the Earth's Crust (Irkutsk, Russia)

³Irkutsk State University (Irkutsk, Russia)

⁴School of Civil Engineering, Yantai University (Shandong, China)

eugeneai@icc.ru

Currently, due to the development and implementation of new information technologies in geology and related fields of knowledge, the volumes of observed and accumulated data are significantly increasing. This paper discusses approaches to the organization of storage of partially structured geological information, as well as the application of artificial intelligence methods for its processing. The concept of data representation, organization of distributed information storage and computational infrastructure supporting interdisciplinary research in geology are proposed. Methods of applying semantic web (SW) technologies for data storage and methods of data processing using knowledge graphs (KG) [1] and cloud data warehouses are presented. KB allows to represent stored data in the form of relations (semantic links) between information units, to perform data reconfiguration when the amount of information increases and new relations in stored data are created. This approach, based on the active use of metainformation (T-Box of ontologies), represented explicitly in the KB, allows database queries processing using natural language, combining neural networks and logical inference in image processing, e.g., remote sensing, model identification and other procedures.

The report presents a number of examples demonstrating the applicability of the proposed techniques: representation of crustal fault data using SW, querying and visualization of results in the form of maps; determination of coastline coordinates based on Segment Anything image segmentation, Openstreetmap semantic markup and logical inference of feature evaluation, including spatial ones; representation of analytical data from geochemical studies with subsequent identification of the contamination assessment model and spatial visualization of the results. The results of the first stage of a major scientific project "Fundamental research of the Baikal natural territory based on a system of interconnected basic methods, models, neural networks and a digital platform for environmental monitoring" are presented (grant of the Ministry of Education and Science of Russia, agreement dated 23.04.2024 No. 075-15-2024-533).

[1] Aidan Hogan, Eva Blomqvist, Michael Cochez, Claudia d'Amato, et al. Knowledge Graphs. URL:<https://arxiv.org/abs/2003.02320>

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

И.В. Бычков, Е.С. Фереферов, Р.К. Фёдоров, А.Е. Хмельнов

Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН (Иркутск,
Россия)

bychkov@icc.ru, fereferov@icc.ru, fedorov@icc.ru, hmelnov@icc.ru

В работе представлены результаты исследований по созданию цифровой платформы (ЦП) комплексного экологического мониторинга Байкальской природной территории (БПТ). ЦП объединяет исследователей научных институтов, сотрудников ведомственных организаций и обеспечивает им поддержку комплексного анализа разнородных данных, моделирования, прогнозирования и выработки рекомендаций. Источником данных является построенная консорциумом институтов СО РАН сеть комплексного экологического мониторинга БПТ, обеспечивающая регистрацию антропогенных выбросов в атмосферу, экстремальных природных (пожары), геологических, эколого-геохимических, климатических, биологических процессов и гидрологических режимов водоемов с высоким временным разрешением (5 направлений мониторинга, интервал регистрации отдельных параметров 1–5 сек.). В рамках ЦП каждый участник предоставляет результаты своей деятельности в виде сервисов, что позволяет мгновенно получать доступ к данным и методам обработки без необходимости согласования. Для унификации сервисов в цифровой платформе используется разрабатываемый Open Geospatial Consortium стандарт Web Processing Service (WPS), регламентирующий протокол вызова сервиса и обмен метаданными. Цифровая платформа обеспечивает всем участникам разработку и применение сервисов и их композиций, что повышает уровень автоматизации решения задач, начиная от ввода данных и заканчивая публикацией результатов.

DIGITAL PLATFORM FOR MONITORING AND FORECASTING THE ENVIRONMENTAL SITUATION OF THE BAIKAL NATURAL TERRITORY

I.V. Bychkov, E.S. Fereferov, R.K. Fedorov, A.E. Hmelnov

Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory SB RAS
(Irkutsk, Russia)

The paper presents the results of research on the creation of a digital platform (DP) for integrated environmental monitoring of the Baikal Natural Territory (BNT). The DP unites researchers from scientific institutes, employees of departmental organizations and provides them with support for integrated analysis of heterogeneous data, modeling, forecasting and development of recommendations. The data source is the network of integrated environmental monitoring of the BNT built by a consortium of institutes of the SB RAS. The network ensures registration of anthropogenic emissions into the atmosphere, extreme natural (fires), geological, ecological-geochemical, climatic, biological processes and hydrological regimes of water bodies with high time resolution (5 monitoring directions, registration interval of individual parameters is 1-5 sec.). Within the DP, each participant provides the results of their activities in the form of services, which allows instant access to data and processing methods without the need for approval. To unify services, the digital platform uses the Web Processing Service (WPS) standard developed by the Open Geospatial Consortium, which regulates the service call protocol and metadata exchange. The digital platform enables all participants to develop and use services and their compositions, which increases the level of automation of problem solving, from data entry to publication of results.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EXPLORATION TARGETING FOR MINERAL RESOURCES

Emmanuel John CARRANZA

Geology Department, University of the Free State, Bloemfontein, Free State, South Africa

This report explains briefly (a) what artificial intelligence (AI) is, and (b) why it has been and currently employed in exploration targeting for mineral resources. The report then describes (a) the different categories of AI that have been and are presently employed in exploration targeting for mineral resources, and (b) the progresses in the uses of each of these different categories of AI in exploration targeting for mineral resources. Then, a recent case study by the author on the use of AI to demarcate exploration targets is reported. This case study developed a novel deep learning architecture called Infomax – Deep Autoencoder Network, which links the Infomax (information maximization) processor to a network of piled autoencoders for training of exploration geochemical data. Being an adaptive learning system, the Infomax processor strives to maximize the flow of information across a feed-forward neural network. The Infomax – Deep Autoencoder Network was employed (a) to encode multielement concentration data into separate source signals from distinct populations of the exploration geochemical data and (b) to avoid the attenuation of background signals from superfluous inter-element relationships. Then, the encoded source signals were input into a deep autoencoder network to help improve the modeling of geochemical background and enhance the signals of complex geochemical anomalies. The Infomax – Deep Autoencoder Network was employed to analyze stream sediment multielement concentration data from the Moallem district (Iran) and to evaluate its efficacy in distinguishing mineralization-related geochemical anomalies. The evaluation using prediction–area plots and success-rate curves indicated that geochemical anomalies distinguished by using the Infomax – Deep Autoencoder Network, compared to those distinguished by using a deep autoencoder network only, presented stronger spatial relationships with mineralization-controlling structures and locations of known mineralization. The results denote that complex geochemical anomalies can be recognized by using the developed Infomax – Deep Autoencoder Network with its improved modeling accuracy to distinguish mineralized exploration targets.

ИНТЕГРАЦИЯ РЕСУРСОВ В ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ РОСКОСМОСА: РЕШЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ

А.И. Алексанин^{1,2}

¹Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН (Владивосток, Россия)

²Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Россия)

aleks@iacp.dvo.ru

Организация взаимодействия между различными информационными системами дистанционного зондирования Земли из космоса дает синергетический эффект при разработке сервисов, обеспечивающих потребителей данными об окружающей среде. Создание на базе ДВФУ по поручению Президента РФ Пр-1849 от 10.10.2018 г. Исследовательско-образовательного и инжинирингового космического центра Госкорпорации "Роскосмос" и разработка Роскосмосом Информационной системы обеспечения потребителей данных дистанционного зондирования (ИС ОПД ДЗЗ) являются мероприятиями по организации такого взаимодействия. Спутниковый центр ДВО РАН совместно с подразделениями ДВФУ и ГУ МЧС по Приморскому краю принимают участие в этих мероприятиях. Интеграция технических средств, информационных потоков и сервисов тематической обработки спутниковой информации в единую систему, работающую в режиме реального времени, позволяет оперативно обеспечивать

потребителей необходимой информацией. Имеется ряд технических проблем, которые решить возможно, и организационных проблем, решение которых затягивается по непонятным причинам. Доклад посвящен описанию технических решений организации межведомственного взаимодействия и проблем их реализации.

INTEGRATION OF FACILITIES INTO ROSCOSMOS INFORMATION SYSTEMS: SOLUTIONS AND PROBLEMS

A.I. Aleksanin^{1,2}

¹Institute of Automation and Control Processes FEB RAS (Vladivostok, Russia)

²Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russia)

aleks@iacp.dvo.ru

Organization of interaction between various information systems for remote sensing of the Earth from space gives a synergistic effect in the development of services that provide consumers with environmental data. The creation of the Research, Educational and Engineering Space Center of the Roscosmos State Corporation on the basis of FEFU by order of the President of the Russian Federation Pr-1849 dated 10.10.2018 and the development by Roscosmos the Information System for Providing Consumers with Remote Sensing Data (IS OPD ERS) are events to organize such interaction. The Satellite Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences together with the FEFU divisions and the participation of the Main Directorate of EMERCOM in Primorsky Krai take part in these events. The integration of technical means, information flows and services for processing of satellite information into a single system operating in real time allows promptly providing consumers with the necessary information. There are a number of technical problems that can be solved, and organizational problems, the solution of which is delayed for unknown reasons. The report is devoted to the description of technical solutions for organizing interdepartmental interaction and problems of their implementation.

МЕТАВСЕЛЕННАЯ «ИСТОРИЯ ЗЕМЛИ»: НОВЫЕ ПОДХОДЫ В СОВРЕМЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ

A.C. Еременко^{1,2}

¹Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН (Владивосток, Россия)

²Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Россия)

academy21@gmail.com

Актуальность и вызовы. Традиционные методы популяризации геологии теряют эффективность среди молодёжи, воспринимающей науку как сложную и оторванную от цифровой реальности. Кризис интереса требует принципиально новых решений, интегрирующих образование с цифровым образом жизни поколения Z. Стратегическая цель — трансформировать обучение в интерактивное приключение через Метавселенную, где пользователь становится активным исследователем, а не пассивным слушателем.

Концепция и ключевые преимущества. Проект направлен на создание иммерсивной образовательную экосистемы, объединяющей виртуальные геологические ландшафты (от тектонических симуляций до путешествий в эпохи динозавров), социальные механики (коллективные миссии, чаты, совместные проекты) и ИИ-ассистентов в образах учёных. Это позволяет:

- превратить абстрактные знания в тактильный опыт (например, "погружение" в магму вулкана);

- стимулировать интерес через геймификацию (награды за изучение пород, квесты по спасению экосистем);
- сформировать сообщество единомышленников, где образование сочетается с социализацией.

Технологии вовлечения. Критически важна мультиплатформенность: доступ через VR для полного погружения, веб-браузеры для школ и мобильные приложения для обучения «на ходу». Интеграция UGC (создание пользовательских квестов и экскурсий) и ИИ-персонализация (адаптация контента под уровень знаний) усиливают вовлечённость.

Главный фокус работы направлен на молодёжь: школьников (10–15 лет) привлекают через визуальные эффекты и игровые механики; абитуриентов (16–18 лет) — научной базой для подготовки к ЕГЭ; студентов (до 22 лет) — инструментами для исследований. Ключевой принцип: геология должна восприниматься не как «учебный предмет», а как динамичный цифровой опыт.

В долгосрочной перспективе проект закладывает основу для:

- Формирования нового поколения учёных через раннюю вовлечённость;
- Экспорта модели метавселенных в другие научные дисциплины;
- Позиционирования России как центра образовательных инноваций.

Метавселенная «История Земли» — не просто популяризация науки, а стратегическая перезагрузка образовательной парадигмы. Она отвечает на запрос молодёжи на интерактивность, социализацию и персонализацию, превращая геологию в живой, релевантный цифровой мир.

METaverse "HISTORY OF THE EARTH" AS A TOOL FOR EDUCATIONAL REVOLUTION

A.S. Eremenko^{1,2}

¹Institute of automation and control processes FEB RAS (Vladivostok, Russia)

²Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russia)

academy21@gmail.com

Traditional methods of popularizing geology are losing effectiveness among youth, who perceive science as complex and detached from digital reality. This crisis of interest demands fundamentally new solutions that integrate education with Generation Z's digital lifestyle. The strategic goal is to transform learning into an interactive adventure through the Metaverse, where users become active explorers rather than passive listeners.

The project creates an immersive educational ecosystem combining virtual geological landscapes (from tectonic simulations to journeys to the age of dinosaurs), social mechanics (collaborative missions, chats, group projects), and AI assistants modeled after scientists. This enables:

- transforming abstract knowledge into tactile experiences (e.g., "diving" into volcanic magma);
- stimulating interest through gamification (rewards for studying rocks, ecosystem rescue quests);
- building a community where education merges with socialization.

Multi-platform accessibility is critical: VR for full immersion, web browsers for schools, and mobile apps for on-the-go learning. Integrating UGC (user-generated quests/tours) and AI personalization (content adapted to knowledge levels) enhances engagement.

The strategy segments audiences: schoolchildren (10–15 years) are engaged through visuals and gameplay; applicants (16–18 years) through exam-prep scientific content; students (up to 22 years) via research tools. Core principle: Geology must be perceived not as a "textbook subject" but as a dynamic digital experience.

The project lays foundations for:

- Nurturing new-generation scientists through early involvement;
- Exporting the metaverse model to other scientific disciplines;
- Positioning Russia as an educational innovation hub.

The "History of the Earth" Metaverse is not merely science popularization—it strategically reboots educational paradigms. It responds to youth demands for interactivity, socialization, and personalization, transforming geology into a living, relevant digital world. Its success will drive similar initiatives across global scientific-educational spaces.

SCIENTIFIC SESSION

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ:
ЦИФРОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ В
ГЕОЛОГИИ,
ГЕОФИЗИКЕ,
ГЕОХИМИИ**

МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА - AI ВИРТУАЛЬНЫЙ СОАВТОР ГЕОЛОГА-ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

В.С. Ерёменко, В.В. Наумова

Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН (Москва, Россия)

vitaer@gmail.com

В настоящее время фокус исследований учёных-геологов смещается с владения программными инструментами и сервисами на непосредственно научное исследование, постановку задач и анализ результатов. Это требует от облачных сервисов, инструментов поиска и обработки данных новых свойств и функций, возможности интеграции в виртуальное рабочее пространство исследователя, поддержки интерфейса на естественном языке для постановки и решения самых разнообразных задач: от поиска, предварительной обработки и статистического анализа набора данных до моделирования, генерации карт и изображений, научных отчётов и набросков статей. Научное открытие основывается на том, что ученые генерируют новые гипотезы, которые проходят тщательную экспериментальную проверку. Чтобы ускорить этот процесс, в разных тематических областях разрабатываются AI co-scientist, мультиагентные системы, построенные на различных платформах. Коллега по искусственному интеллекту призван помочь раскрыть новые, оригинальные знания и наглядно сформулировать новые исследовательские гипотезы и предложения, основанные на предыдущих доказательствах и согласованные с предоставленными учеными целями исследования и руководящими указаниями.

Виртуальный соавтор авторами разрабатывается для того, чтобы выступать в качестве полезного помощника и коллеги геолога-исследователя, способствуя ускорению процесса научных открытий. Предполагается, что система будет представлять собой сложную мультиагентную систему искусственного интеллекта, разработанную для отражения процесса рассуждений, лежащего в основе научного метода.

Эта работа ведется в рамках развития созданной ранее в ГГМ РАН Информационно-аналитической среды для поддержки и сопровождения научных исследований в геологии (<https://geologyscience.ru>), осуществляющей интеграцию территориально распределенной геологической информации с использованием специализированных служб её анализа.

Работа выполняется в рамках Гос. Темы Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН (FMMR-2025-0001) Рег. №1022061000107-4-1.5.1 «Естественнонаучные музеи в едином цифровом пространстве геологических знаний»

MULTI-AGENT SYSTEM - AI VIRTUAL COLLABORATOR A RESEARCH GEOLOGIST

V. S. Eremenko, V. V. Naumova

Vernadsky State Geological Museum RAS (Moscow, Russia)

vitaer@gmail.com

Currently, the focus of research by geologists is shifting from owning software tools and services to direct scientific research, setting goals and analyzing results. This requires new properties and functions from cloud services, data search and processing tools, the ability to integrate into a researcher's virtual workspace, and support for a natural language interface for setting and solving a wide variety of tasks: from searching, preprocessing, and statistical analysis of a dataset to modeling, generating maps and images, scientific reports, and draft articles. Scientific discovery is based on the fact that scientists generate new hypotheses that are thoroughly experimentally tested. To speed up this process, AI co-scientist, multi-agent systems built on various platforms, are being developed in various thematic areas. The AI Colleague is designed to help uncover new, original knowledge and visually formulate new research hypotheses and

proposals based on previous evidence and consistent with the research goals and guidelines provided by scientists.

The virtual co-author is being developed by the authors in order to act as a useful assistant and colleague of a research geologist, helping to accelerate the process of scientific discoveries. It is assumed that the system will be a complex multi-agent artificial intelligence system designed to reflect the reasoning process underlying the scientific method. This work is being carried out as part of the development of the Information and Analytical Environment created earlier at the GSM RAS to support and support scientific research in geology (<https://geologyscience.ru>), which integrates geographically distributed geological information using specialized analysis services.

The work is carried out within the framework of the State Theme of the Vernadsky State Geological Museum of the Russian Academy of Sciences (FMMR-2025-0001) Reg. No. 1022061000107-4-1.5.1 "Natural Science museums in the unified digital space of geological knowledge"

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕКСТОВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПУБЛИКАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

М.И. Патук, В.В. Наумова

Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН (Москва, Россия)

patuk@mail.ru

Стремительный рост объема публикаций во всех областях геологических наук делает критически важным внедрение методов автоматизированной обработки научных текстов. Одним из наиболее перспективных инструментов для решения этой задачи выступают большие языковые модели на основе нейронных сетей. Огромный прорыв в области искусственного интеллекта за последние годы превратил такие модели в незаменимых помощников для исследователей. Наши работы по семантическому поиску публикаций с использованием дополнительно тренированных языковых моделей и нахождения меры близости геологических текстов показали хорошие результаты. Но используемые модели оказались неспособны выполнить глубокий анализ текстов. Сравнительный анализ современных архитектур позволил нам выделить модель DeepSeek R1, относящуюся к классу систем с расширенными возможностями логического вывода. Данный тип моделей демонстрирует принципиально новый уровень качества генерации. На базе выбранной модели разработан веб-сервис, предоставляющий уникальный функционал, осуществляющий сравнительный анализ до 5 научных статей стандартного объема; поддержку мультиязычных источников (ввод текстов на английском, китайском, русском и др. языках); формирование структурированных отчетов на русском языке с выделением ключевых тезисов, противоречий и паттернов. Проведено тестирование предложенного подхода для сравнительного анализа геологических публикаций. Тестирование показало вызывающие доверие результаты.

Работа выполняется в рамках Гос. Темы Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН (FMMR-2025-0001) Рег. №1022061000107-4-1.5.1 «Естественнонаучные музеи в едином цифровом пространстве геологических знаний»

COMPARATIVE ANALYSIS OF GEOLOGICAL TEXTS USING LARGE LANGUAGE MODELS

M.I. Patuk, V.V. Naumova

V. I. Vernadsky State geological museum of RAS (Moscow, Russia)

patuk@mail.ru

The rapid increase in the volume of publications in various fields of geology makes it crucial to introduce methods for automated processing of scientific texts. Large language models based on neural networks represent one of the most promising approaches to solving this challenge. The recent breakthroughs in artificial intelligence have made such models indispensable tools for researchers. Our work on semantic search for publications using additionally trained language models and measuring the similarity between geological texts yielded good results. However, the models we used were unable to perform in-depth text analysis. A comparative analysis of modern architectures identified the DeepSeek R1 model as belonging to a class of systems with advanced logical inference abilities. This type of model represents a fundamentally new level of quality in text generation. Based on the chosen model, we have developed a web service that provides unique functionality for comparative analysis of up to 5 scientific articles. The service supports multilingual sources, allowing users to input text in English, Chinese, Russian, etc. It generates structured reports in Russian, highlighting key theses, contradictions, and patterns. The proposed approach has been tested on geological publications, and the results have been promising.

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКОМ РЕГИОНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

С.Л. Шевырев¹, Э.Дж.М. Карранза², Н.Г. Борискина¹

¹Дальневосточный геологический институт ДВО РАН (Владивосток, Россия)

²Геологический факультет Университета Свободного государства (UFS, Южная Африка)

shevirev@mail.ru

Обширные районы в Азиатско-Тихоокеанском регионе можно подразделить на террейны разного происхождения и возраста. В этих районах имеются небольшие эпitherмальные месторождения драгоценных металлов, получение геологических данных в которых. Мы стремились достичь новых исследований, которые преодолевают трудности в картировании перспективности минералов путем анализа для устранения эффектов растительности на изображениях Landsat 8 и ASTER, подкрепленных полевым отбором проб. Влияние растительного покрова на спутниковые изображения в регионе можно уменьшить с помощью направленного анализа главных компонентов (DPC). Вычисленные DPC разделяются из-за их знаков нагрузки, а «минеральный компонент» используется для дальнейшего моделирования. Картирование перспективности минералов с анализом DPC и моделированием MaxEnt было упрощено оригинальными наборами скриптов Python DefMe, которые включали пакетную обработку изображений, получение данных, обучение модели и проверку. DefMe позволяет создавать карты вероятности наличия минералов и вспомогательные графики для оценки роли предикторов. Это было успешно применено к Сихотэ-Алинскому суппертеррейну и Большой Курильской гряде. Полученные карты вероятности наличия минералов были опробованы и продемонстрировали значительную надежность. Ключевой особенностью исследования является возможность оценки

вероятности залегания полезных ископаемых и снижения затрат на разведку полезных ископаемых в региональном масштабе.

APPLICATION OF MACHINE LEARNING FOR MINERAL PROSPECTIVITY MAPPING IN THE ASIAN PACIFIC REGION WITH REMOTE SENSING DATA

S.L. Shevyrev¹, E. J. M. Carranza², N.G. Boriskina¹

¹Far East Geological Institute FEB RAS (Vladivostok, Russia)

²Department of Geology, University of the Free State (UFS, South Africa)

Extensive areas in the Asian Pacific region can be subdivided into terranes of different origins and ages. These areas possess small epithermal precious metal deposits, and acquisition of geological data here is impeded. We aimed to achieve novel research that overcomes difficulties in mineral prospectivity mapping by analysis to eliminate vegetation effects on Landsat 8 and ASTER images supported by field sampling. The influence of vegetation cover on satellite imagery in the region could be decreased by directed principal components (DPC) analysis. Computed DPCs are separated due to their loading signs and the "mineral component" is used for further modeling. Mineral prospectivity mapping with DPC analysis and MaxEnt modeling was facilitated by original Python script sets DefMe (Defoliation and Maximum Entropy) that included batch image processing, data acquisition, model training and validating. The DefMe allows the generation of mineral occurrence probability maps and supportive plots for assessing the role of predictors. This was successfully applied to the Sikhote-Alin Supperterrane and the Greater Kurile Chain. The resulting mineral occurrence probability maps were trialed and they demonstrated considerable reliability. The key feature of the research is the ability to assess the likelihood of mineral occurrence and reduce the costs of regional-scale mineral exploration.

АНАЛИЗ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ НОВЫХ УЧАСТКОВ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

Махмуд Хамза Адель Мохамед¹, В.В. Дьяконов¹, В.Е. Марков²

¹Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (Москва, Россия)

²Российский университет дружбы народов (Москва, Россия)

Hamza.elmansy94@gmail.com

Выявление новых участков минерализации остаётся одной из ключевых задач современной геонауки. Хотя традиционные полевые методы остаются эффективными, они требуют значительных временных и финансовых затрат. В связи с этим технологии дистанционного зондирования, особенно спутниковые снимки, представляют собой быстрые и экономически эффективные альтернативы. В данном исследовании применяется дискриминантный анализ (ДА) к данным спутника ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) для выделения потенциальных медносодержащих зон на территории Айгуз в Восточном Казахстане.

Изучаемый район расположен на стыке Чингизской каледонской структуры и Алтайской горной системы, формирование которых существенно происходило в ходе герцинского орогенеза. Ландшафт представлен делювиальными отложениями и остаточными формами рельефа, развивавшимися в условиях многократной тектонической активности и выветривания. Мультиспектральные возможности ASTER, охватывающие 14 диапазонов в VNIR, SWIR и TIR областях спектра, позволяют эффективно

идентифицировать ключевые минералогические индикаторы, такие как Al-OH, Mg-OH, CO₃, Fe и Si-O-H.

С методологической точки зрения, области интереса (ROI) были определены на основе существующих геохимических данных и проверенных минералогических классов. В QGIS были рассчитаны спектральные расстояния и сформированы предварительные классификации. Дискриминантные функции были оптимизированы для разделения зон с высоким и низким содержанием меди. Полученная классификационная карта выделила четыре уровня минерализационного потенциала. Сопоставление с геохимическими данными показало высокую степень пространственного соответствия, а ДА продемонстрировал эффективность даже в экстраполированных, неохваченных пробами районах.

Сочетание данных ASTER и дискриминантного анализа значительно повышает точность и эффективность прогноза рудных объектов. Дальнейшие исследования целесообразно направить на уточнение критериев выбора ROI и сравнение ДА с альтернативными методами классификации для повышения эффективности будущей минералогической разведки.

APPLICATION OF DISCRIMINANT ANALYSIS TO ASTER IMAGERY FOR ENHANCED MINERAL EXPLORATION

Mahmoud Hamza Adel Mohamed¹, V.V. Dyakonov¹, V.E. Markov²

¹Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University (Moscow, Russia)

²Peoples Friendship University of Russia (Moscow, Russia)

Hamza.elmansy94@gmail.com

The discovery of new zones of mineralization remains a fundamental challenge in contemporary geoscience. While traditional field-based methods are effective, they often require significant time and financial investment. To address this, remote sensing technologies—particularly satellite imagery—offer rapid and cost-efficient alternatives. This study applies discriminant analysis (DA) to ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) data to delineate prospective copper-bearing zones within the Ayguz area of East Kazakhstan.

The study area is geologically situated at the convergence of the Chingiz Caledonides and the Altai Mountain system, both of which were significantly shaped during the Hercynian orogeny. The local terrain comprises deluvial deposits and erosional remnants influenced by sequential tectonic and weathering processes. ASTER's 14 spectral bands, covering the VNIR, SWIR, and TIR regions, allow effective identification of mineralogical indicators such as Al-OH, Mg-OH, CO₃, Fe, and Si-O-H.

Methodologically, Regions of Interest (ROIs) were defined using existing geochemical data and verified mineralogical classes. Spectral distance metrics and classification previews were generated using QGIS. Discriminant functions were then optimized to separate zones of high and low copper concentration. The resultant classified map delineated four distinct levels of mineralization potential. Validation against geochemical datasets revealed strong spatial agreement, with DA proving effective even in unsampled extrapolated areas.

The synergy between ASTER imaging and discriminant analysis significantly improves the accuracy and efficiency of mineral prospecting. Further research should emphasize refining ROI selection criteria and comparing DA with alternative classification techniques to optimize future mineral exploration strategies.

ПОИСК РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ: МЕЧТЫ И РЕАЛЬНОСТЬ

Е.Е. Колова, А.Н. Глухов

Северо-Восточный комплексный НИИ ДВО РАН (Магадан, Россия)

kolova@neisri.ru

В докладе обсуждаются вопросы прогнозирования и поисков рудных месторождений с применением технологий искусственного интеллекта (ИИ). На примере попыток применения ИИ к поискам орогенных золоторудных месторождений в Яно-Колымском поясе проанализирована значимость представительности, актуальности, полноты и достоверности исходных геологических данных, используемых для обучения модели. Результаты геофизических и геохимических работ, дистанционного зондирования, автоматизированного количественного минералогического анализа и сканирования керна представляют собой наборы цифровых данных, отвечающие требованию стандартизации и унификации. Они без ограничений могут быть положены в основу нейросетевой прогнозно-поисковой модели. Намного более сложной задачей является адаптация аналоговых геологических данных, которая представлена в виде карт геологического содержания, геологических отчетов, журналов документации, научных публикаций, информация на которых приведена в виде иерархически построенных наборов символьных данных и является продуктом интерпретации сложного комплекса плохо формализуемых полевых наблюдений, в котором значительную роль играет «человеческий фактор» - субъективность восприятия и трактовки. На данный момент отсутствуют инструменты стандартизации и унификации этих данных, что приводит к тому, что в основу нейросетевых моделей закладываются ошибочные «человеческие» интерпретации. Получаемые таким образом модели являются геологически безграмотными и антинаучными, а ИИ предстает, по сути, «цифровым шарлатаном».

MINERAL EXPLORATION BY ARTIFICIAL INTELLIGENCE: DREAMS AND REALITY

E.E. Kolova, A.N. Glukhov

North-Eastern Complex Research Institute, FEB RAS (Magadan, Russia)

kolova@neisri.ru

Discussed appliance of artificial intelligence for mineral deposits forecasting. On example of efforts utilization of AI for prospecting of the orogenic gold deposits in Yana-Kolyma belt discussed importance of representativity, integrity and accuracy of reference geological data, putted in base of digital model. Geophysical, geochemical data, results of remote sensing, core scanning, quantity mineralogical analysis form sets of digital values and entirely relevant for neural network modeling. In contrast, adaptation of analogue geological data (maps, reports, drill logs, science papers), represented by complex hierarchical sets of symbol readings, is a more difficult task. To this date tools for standardization and unification of that is absence. This lead to wrong subjective interpretation, that putted in AI model.

ИС ЕГИП - ИНТЕГРАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ

С.С. Ратьков

АК «АЛРОСА» ПАО (Новосибирск, Россия)

RatkovSS@alrosa.ru

За десятилетия проведения геологоразведочных работ в АК «АЛРОСА» ПАО (далее Компания) накоплен значительный объем геолого-геофизических данных, которые требуют комплексной интерпретации и переосмысления ранее полученных результатов. На определенном этапе технологического развития Компании стало понятно, что без современного инструмента, позволяющего объединить все источники информации, обеспечить фильтрацию и поиск целевых данных, невозможно эффективно проводить алмазопроизводственные работы. Таким образом Компания провела комплекс работ по выбору базовой интеграционной платформы, ее адаптации и настройки в геологоразведочном комплексе. По результатам ее промышленной эксплуатации уже сделать первые выводы об эффективности отдельных функциональных решений ИС ЕГИП (информационная система Единое геолого-информационное пространство), трудностях, которые возникли на этапе разработки и внедрении, перспективах дальнейшего развития. Основной сложностью, которую потребовалось решать в ходе внедрения и эксплуатации ИС ЕГИП – различие в атрибутике и описании интегрируемых данных, их структуре и стандартов подготовки наборов данных, учитывая, что данные генерировались на протяжении более 70 лет. Нормализация данных – это то, что требуется для полноценного и комплексного использования своих же данных, однозначного их идентифицирования и качественной переинтерпретации, а ИС ЕГИП позволяет выявлять такие недостатки и оперативно устранять. Хорошо себя зарекомендовал и реализованный подход, при котором абсолютно все данные должны иметь пространственную привязку. Это позволяет вовлекать абсолютно весь набор доступных данных на заданную область интереса.

UGIS IS - INTEGRATION AND MANAGEMENT OF GEOLOGICAL DATA

S.S. Ratkov

PJSC ALROSA (Novosibirsk, Russia)

RatkovSS@alrosa.ru

Over the decades of exploration work, PJSC ALROSA accumulated a significant amount of geological and geophysical data that required a comprehensive interpretation and rethinking of previous results. At a certain stage in the Company's technological development, it became clear that without a modern tool that allowed you to combine all information sources, filter, and search for targeted data, it was impossible to effectively conduct diamond prospecting. Thus, the Company implemented a complex of work on selecting a basic integration platform, adapting it, and configuring it in the exploration complex. Based on the results of industrial operation, first conclusions can be drawn about the effectiveness of individual functional solutions UGIS IS (Unified Geological Information Space information system), difficulties that arose during development and implementation, and prospects for further development. The main challenge that needed to be addressed during the implementation and operation of the system was the difference in attributes and descriptions of integrated data, as well as their structure and standards for preparing datasets. This was due to the fact that the data was generated over more than 70 years ago. Data normalization is essential for the full and comprehensive use of the data, ensuring unambiguous identification and accurate interpretation. The UGIS IS system allows for identifying such issues and promptly addressing them. The implemented approach also proved to be effective, as it requires all data to be spatially linked. This enables the inclusion of the entire set of available data for a specific area of interest, allowing for a more comprehensive analysis.

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ОБНАЖЕНИЙ ГОРНЫХ ПОРОД: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

О.В. Лунина, А.С. Низовцев

Институт земной коры СО РАН (Иркутск, Россия)

lounina@crust.irk.ru

В последние годы для структурного анализа выходов горных пород применяются их цифровые модели - двойники, получаемые путем лазерного сканирования или фотограмметрической обработки данных аэрофотосъемки. В результате их обработки из плотного облака точек могут быть извлечены элементы залегания трещин и штрихов скольжения, выделены основные системы разрывов, построены диаграммы трещиноватости, рассчитана ее интенсивность. Эти данные важны для прогнозирования механического поведения пород, реконструкции поля напряжений, оценки устойчивости горного массива, картирования разломов и решения других геологических задач. В ходе тестового использования двух специальных программ DSE и CloudCompare нами были выделены некоторые проблемы в извлечении основных систем трещин, главной из которых является экспозиция съемки. При высокой точности математического расчета азимутов и углов падения трещин, при автоматизированном вычислении одна система, обращенная к объективу съемки, почти всегда подавляет все остальные. Решение этого вопроса видится в разностороннем по возможности ракурсе съемки стенок обнажения и выделении подходящих локальных участков выхода для расчета. Показано, что для выделения трещин и их систем достаточно использовать фрагмент плотного облака (цифрового двойника выхода), полученного в Agisoft Metashape на среднем качестве. Продемонстрированы возможности расчета плотности трещин на 1 м^2 и 1 м^3 по всей поверхности обнажения с использованием плагинов DICE и FracPaQ, работающих на основе MATLAB. Работа выполнена в рамках государственного задания ИЗК СО РАН на 2021–2025 гг., проект № FWEF-2021-0009.

DIGITAL TWINS OF ROCK OUTCROPS: PROBLEMS AND PROSPECTS OF USE FOR STRUCTURAL ANALYSIS

O.V. Lunina, A.S. Nizovtsev

Institute of the Earth's Crust SB RAS (Irkutsk, Russia)

lounina@crust.irk.ru

In recent years, digital outcrop models - twins obtained by laser scanning or photogrammetric processing of aerial survey data are used for structural analysis. As a result of their processing dip and strike of fractures, and slickensides can be extracted from a dense cloud of points, the main fracture systems can be identified, fracture diagrams can be constructed, and fracture intensity can be calculated. These data are important for predicting the mechanical rock behavior, reconstructing the stress field, assessing the stability of the rock massif, mapping faults and solving other geological problems. During the testing of two special programs DSE and CloudCompare, we have highlighted some problems in the extraction of the main fracture systems, the main one being the survey exposition. While the mathematical calculation of azimuths and dip angles of fractures is highly accurate, one system in automated calculations facing the imaging lens almost always suppresses all others. The solution to this issue is seen in a multifaceted, if possible, aspect of view of the outcrop walls and the selection of suitable local areas for the calculation. It is shown that it is sufficient to use a fragment of a dense cloud (digital twin of an outcrop) obtained in Agisoft Metashape at medium quality to identify fractures and their systems. The possibilities of calculating fracture density per 1 m^2 and 1 m^3 over the entire surface of the outcrop using MATLAB-based DICE and FracPaQ plugins are demonstrated. The work was carried out within

the framework of the state assignment of IEC SB RAS for 2021-2025, project No. FWEF-2021-0009.

СПУТНИКОВЫЕ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ МИССИИ И МОДЕЛИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ АЛТАЕ-САЯНСКОГО РЕГИОНА

В.Ю. Тимофеев¹, Д.Г. Ардюков¹, А.В. Тимофеев¹, М.Г. Валитов², Д.Н. Голдобин³

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН
(Новосибирск, Россия)

²Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН (Владивосток, Россия)

³Сибирский Государственный университет геосистем и технологий (Новосибирск, Россия)
timofeevvy@ipgg.sbras.ru

С появлением моделей поля силы тяжести Земли, построенных по спутниковым данным, открылись новые возможности для изучения глубинного строения земной коры и мантии. Материалы спутниковых гравиметрических миссий позволяют провести новые определения положения границы Мохововича в западной части Монголо-Сибирской горной области. Из множества моделей на основе тестирования по данным наземным измерений методами абсолютно гравиметрии и космической геодезии выбрана модель геопотенциала EIGEN-6C4 (разложение потенциала до 2190). В исследованиях использованы гравиметрические результаты в редукциях Буге и в свободном воздухе. Значительная часть изучаемой территории (размеры - с севера на юг от 56°N до 46°N°, и с запада на восток от 80°E до 100°E) – это высокогорные районы (высоты более 3000 метров): Горный Алтай (высота до 4506 м.), Монгольский Алтай (высота до 4342 м.), Восточный Саян (высота до 3491 м.) и Хангай (высота до 3905 м.).

Нами использована модель рельефа ETOPO1. В результате построена карта распределения глубин, мощность земной коры изменяется, от 40 км до 55 км. В областях активного горообразования средняя мощность коры примерно на 10-15 км больше, чем в равнинной части на юге Западной Сибири. В высокогорной части (Горный Алтай, Монгольский Алтай, Хангай) она достигает 55 км. Для межгорных долин и впадин (Тувинская котловина, Котловина Больших Озёр) глубина поверхности Мохо 45-47 км. В работе рассматриваются вопросы изостазии (равновесия) и связи с сейсмичностью региона.

ЦИФРОВОЕ КАРТИРОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУР В ОРИЕНТИРОВАННЫХ ШЛИФАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД ТУЮКАНСКОГО РУДНОГО УЗЛА В ПРИЛОЖЕНИИ К СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ

И.А. Кочкин, С.А. Устинов, В.А. Петров

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН
(Москва, Россия)

iakochkin@yandex.ru

В рамках современного этапа развития геологической науки для решения структурных задач часто делается акцент на изучении микротрещин в ориентированных образцах горных пород. Для этого разработана специальная методика микроструктурного анализа (СММА). В работе представлен авторский подход к реализации СММА, основанный на алгоритме автоматического картирования микротрещин с использованием

ГИС-технологий. Основными задачами являются выявление линейных микрообъектов разных типов, а также установление закономерностей и комплексный анализ их распределения на площади шлифа в тектоническом контексте. Реализация начальных этапов методики представлена в качестве картирования объектов на площади шлифа, который играет роль «картографической» основы. Автоматическое извлечение микротрещин осуществляется с помощью модуля «LINE» ПО PCI Geomatica. Далее на основе ГИС инструментов устанавливаются многочисленные пространственные параметры выделенных линейных объектов. С применением тектонофизических моделей развития трещин к интерпретации типов и систем микроструктур появляется возможность реконструкции тектонической эволюции исследуемого объекта. Предлагаемый подход опробован в пределах Туяуканского рудного узла, что позволило восстановить пути и этапы миграции рудоносных флюидов на фоне основных деформационных процессов в регионе.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 24-27-00218.

DIGITAL MAPPING OF MICROSTRUCTURES IN ORIENTED THIN SECTIONS USING GIS TECHNOLOGIES ON THE EXAMPLE OF HOST ROCKS OF THE TUYUKAN ORE CLUSTER IN APPLICATION TO STRUCTURAL-TECTONIC ANALYSIS

I.A. Kochkin, S.A. Ustinov, V.A. Petrov

Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, RAS
(Moscow, Russia)

iakochkin@yandex.ru

Within the framework of the modern stage of geological science development for solving structural problems, the study of microcracks in oriented rock samples is often emphasized. For this purpose, a special technique of microstructural analysis (STMA) has been developed. The paper presents the author's approach to the realization of STMA based on the algorithm of automatic microcrack mapping using GIS-technologies. The main objectives are the identification of linear microobjects of different types, as well as the establishment of regularities and complex analysis of their distribution in the area of the thin section in the tectonic context. The realization of the initial stages of the methodology is presented as a mapping of objects in the area of the cuttings, which plays the role of a «cartographic» basis. Automatic extraction of microcracks is carried out using the «LINE» module of PCI Geomatica software. Then, based on GIS tools, numerous spatial parameters of the extracted linear objects are established. By applying tectonophysical models of fracture development to the interpretation of microstructure types and systems, it is possible to reconstruct the tectonic evolution of the investigated object. The proposed approach was tested within the Tuyukan ore cluster, which allowed to reconstruct the paths and stages of ore-bearing fluids migration against the background of the main deformation processes in the region.

The study was funded by the Russian Science Foundation grant No. 24-27-00218.

ТРЁХМЕРНОЕ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ТВЁРДОГО ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО В ПРЕДЕЛАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.А. Якушев, А.Л. Киндеев, М.В. Воробей

Белорусский государственный университет (Минск, Республика Беларусь)

andryusha.yakushev.2004@gmail.com

В настоящее время нами активно разрабатывается и применяется методика трёхмерного геостатистического моделирования в различных науках о Земле. Применительно к данной тематике, она используется для оценки распределения концентрации ленточных глин на месторождении «Гайдуковка» (Минская область, Республика Беларусь). В качестве метода интерполяции использован эмпирический байесовский кригинг (EBK3D), отличающийся устойчивостью к нестационарности и высокой вариабельности геологических данных. Исходные данные включали 262 буровые скважины, по которым рассчитывались показатели концентрации глин. На основе анализа вариограмм оптимальной признана экспоненциальная модель. Проведённая кросс-валидация подтвердила точность построенной модели. Полученная 3D-модель позволила выделить основные зоны залегания глин, а также перспективные участки на северо-востоке месторождения с концентрацией свыше 75 %. Визуализация результатов выполнена в виде воксельного слоя и изоповерхностей, что обеспечило наглядность пространственного распределения и выделение участков промышленной значимости. Методика показала высокую эффективность и может быть рекомендована для оценки других пространственно неоднородных геологических объектов при ограниченном объёме данных.

THREE-DIMENSIONAL GEOSTATISTICAL REPRESENTATION OF THE CONCENTRATION OF SOLID MINERALS WITHIN THE DEPOSIT

A.A. Yakushev, A.L. Kindeev, M.V. Vorobey

Belarusian State University (Minsk, Republic of Belarus)

andryusha.yakushev.2004@gmail.com

We are currently actively developing and applying a method of three-dimensional geostatistical modeling in various Earth sciences. In relation to this topic, it is used to assess the distribution of ribbon clay concentrations at the Gaidukovka deposit (Minsk Region, Republic of Belarus). Empirical Bayesian kriging (EBK3D) was used as the interpolation method, which is characterized by its resistance to non-stationarity and high variability of geological data. The initial data included 262 boreholes, which were used to calculate clay concentration indicators. Based on the analysis of variograms, the exponential model was recognized as optimal. Cross-validation confirmed the accuracy of the constructed model. The resulting 3D model made it possible to identify the main clay deposits, as well as promising areas in the northeast of the field with a concentration of over 75%. The results were visualized in the form of a voxel layer and isosurfaces, which provided clarity of spatial distribution and identification of areas of industrial significance. The methodology proved to be highly effective and can be recommended for the assessment of other spatially heterogeneous geological objects with limited data.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА МАСШТАБА ПРИ ОЦЕНКЕ АНИЗОТРОПИИ АДДИТИВНЫХ И НЕАДДИТИВНЫХ СВОЙСТВ МИКРОКЕРНОВ

Д.В. Добролюбова^{1,2}, А.Ю. Кутищева¹, С.И. Марков^{1,2}

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН
(Новосибирск, Россия)

²Новосибирский государственный технический университет (Новосибирск, Россия)

dobrolubovadv@ipgg.sbras.ru

В данной работе на примере образца песчаника Bentheimer, внутренняя структура которого представлена в виде набора микротомографических изображений (μКТ), исследуется проявление анизотропии при оценке эффективных физических свойств подобранной модели при вариации линейных размеров. На основе набора μКТ-сканов строится сеточная модель образца, отражающая его внутреннюю структуру. Рассматриваются аддитивные и неаддитивные характеристики: пористость, связность порового пространства, тензоры коэффициентов удельной электропроводности, упругости и абсолютной проницаемости. Результаты демонстрируют различия в масштабной зависимости для аддитивных и неаддитивных свойств, что важно учитывать при интерпретации данных и апскейлинге свойств на уровне «микрокерн-керн».

Работа выполнена при финансовой поддержке Проекта FWZZ-2022-0030.

ON THE SCALE EFFECT IN ANISOTROPY OF ADDITIVE AND NON-ADDITIVE PROPERTIES OF MICRO-CORES: A CASE STUDY

D. V. Dobrolyubova^{1,2}, A. Yu. Kutischcheva¹, S. I. Markov^{1,2}

¹Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS (Novosibirsk, Russia)

²Novosibirsk State Technical University (Novosibirsk, Russia)

dobrolubovadv@ipgg.sbras.ru

In this paper, we investigate the scale effect onto the anisotropy in effective tensor properties using the case of the Bentheimer sandstone core sample. The core sample is represented as a set of computed microtomography scans describing the internal structure of the medium. To perform numerical simulation yielding effective properties of the sample, we translate the CT-scans set into a 3D mesh model. We consider both additive and non-additive effective properties, such as porosity, pore space connectivity, effective specific electrical conductivity, effective elasticity tensor, and effective absolute permeability. The results demonstrate differences in scale dependence for additive and non-additive properties, which is important to consider when interpreting data and upscaling properties from microcore to core level.

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИКИ РАН «ГЕЛИОГЕОФИЗИКА» (ИАС ИКИ ГГФ). ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ТРАНСФОРМАЦИИ.

*О.В. Никифоров, Р.Ю. Лукьянова, И.А. Шагурин, А.М. Мёрзлый, А.Т. Янаков, И.А. Уваров,
Г.С. Филатов, И.А. Мусеев*

Институт космических исследований РАН (Москва, Россия)

Целью создания ИАС ИКИ ГГФ является информационное обеспечение потребителей системы магнитосфера-ионосфера-термосфера и специалистов, использующих данные для решения прикладных задач, включая данные о структурах

излучения эмиссий ионосферы и верхней атмосферы, в первую очередь в полярной зоне, а также разработки и внедрения методов распознавания авроральных структур различных масштабов в изображениях, типов энергетических спектров высыпающихся частиц, классификации, кластеризации, и их интеграции с другими ГИС и базами данных, разрабатываемыми в ИКИ РАН.

В рамках развития сформулированы принципы разработки ИАС ИКИ ГГФ и системы доведения визуальной информации, обновлена логическая структура базы данных. Разработана программа для 3D визуализации «Система визуального доведения пространственно-распределенных данных (Shar.IKI 0.2)».

ВАРИАЦИИ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА МИКРОСЕЙСМ КАК ПРОГНОЗНЫЙ ПАРАМЕТР СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ В БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ СИСТЕМЕ

Л.П. Брагинская¹, А.П. Григорюк¹, В.В. Ковалевский¹, А.А. Добрынина²

¹Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН
(Новосибирск, Россия)

²Институт земной коры СО РАН (Иркутск, Россия)

ludmila@opg.sccc.ru

В работе исследовался спектральный состав микросейсмического шума за несколько часов до умеренных и сильных сейсмических событий. Рассматривались 40 землетрясений с энергетическим классом $K=9.5-14.5$ на эпицентральных расстояниях от 10 до 120 км. Обнаружено статистически значимое повышение спектральной плотности мощности (СПМ) в диапазоне 0.8–2.4 Гц. Методами машинного обучения была построена модель бинарной классификации, позволяющая по значениям СПМ микросейсм в указанном диапазоне частот обнаруживать подготовку землетрясений за несколько часов до толчка.

VARIATIONS IN THE SPECTRAL COMPOSITION OF MICROSEISMS AS A FORECAST PARAMETER OF SEISMIC EVENTS IN THE BAIKAL RIFT SYSTEM

L.P. Braginskaya¹, A.P. Grigoruk¹, V.V. Kovalevsky¹, A.A. Dobrynina¹

¹Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS (Novosibirsk, Russia)

²Institute of the Earth's Crust SB RAS (Irkutsk, Russia)

ludmila@opg.sccc.ru

The paper studies the spectral composition of microseismic noise several hours before moderate and strong seismic events. We considered 40 earthquakes with energy class $K=9.5-14.5$ at epicentral distances from 10 to 120 km. A statistically significant increase in the spectral power density (SPD) in the range of 0.8–2.4 Hz was detected. Machine learning methods were used to build a binary classification model that allows detecting earthquake preparation several hours before the shock based on the values of microseismic SPD in the specified frequency range.

МАНТИЙНАЯ КОНВЕКЦИЯ В ЗОНЕ СУБДУКЦИИ (ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ)

А.Н. Четырбоцкий

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН (Владивосток, Россия)

chetyrbotsky@yandex.ru

В модели полагается, что погружению плиты предшествует этап установления режима термогравитационной конвекции мантийной вещества, который обусловлен температурой и плавучестью разогретого легкого вещества. Выполнена формализация фазовых переходов вещества плиты, результатом которой является уплотнение слэба за счет теплового сжатия, удаление части подвижных и легких компонентов ее исходного осадочного материала, утяжеление остаточных компонентов материала плиты. Характер конфигурации тела слэба после 500 временных итераций (более 4 млн. лет) показывает, что в нижней мантии имеет место разброс отдельных составляющих слэба.

MANTLE CONVECTION IN THE SUBDUCTION ZONE (NUMERICAL MODEL)

A.N. Chetyrbotsky

Far Eastern Geological Institute, FEB RAS (Vladivostok, Russia)

chetyrbotsky@yandex.ru

The model assumes that the immersion of the plate is preceded by the stage of establishing the regime of thermogravitational convection of the mantle substance, which is caused by the temperature and buoyancy of the heated light substance. The formalization of phase transitions of the plate substance is performed, the result of which is the compaction of the slab due to thermal compression, the removal of part of the mobile and light components of its original sedimentary material, and the weighting of the residual components of the plate material. The nature of the configuration of the slab body after 500 time iterations (more than 4 million years) shows that in the lower mantle there is a scatter of individual components of the slab.

ПОВЫСОТНАЯ АЭРОМАГНИТНАЯ СЪЕМКА ДЛЯ IN SITU ИЗМЕРЕНИЙ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГРАДИЕНТА МАГНИТНОГО ПОЛЯ

И.М. Алёшин¹, А.А. Соловьев¹, Я.В. Таран²

¹Геофизический центр РАН (Москва, Россия)

²Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (Москва, Россия)

ima@ifz.ru

В настоящее время благодаря развитию приборной базы появилась возможность реализации непосредственного вычисления вертикального градиента магнитного поля по данным повысотной съемки с беспилотных воздушных судов. Беспилотные технологии позволяют обеспечить максимальное совпадение профилей и постоянное расстояние между эшелонами съемки, а использование удаленной ГНСС-станции – решить позиционную задачу с необходимой точностью. Были выполнены экспериментальные съемки над разными геологическими структурами и антропогенными объектами в районах расположения геомагнитных обсерваторий. Результаты показали ряд преимуществ данной методики по сравнению с численным методом. Исследования были выполнены в рамках проекта РНФ №24-17-00346.

MULTI-LEVEL AEROMAGNETIC SURVEY FOR IN SITU MEASUREMENTS OF VERTICAL MAGNETIC FIELD GRADIENT

I.M. Aleshin¹, A.A. Soloviev¹, Ya.V. Taran²

¹Geophysical Center RAS (Moscow, Russia)

²Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS (Moscow, Russia)

ima@ifz.ru

Due to the development of instrumental techniques over the past few decades, we now have the opportunity to calculate directly the vertical gradient of the magnetic field based on multi-level survey data from unmanned aerial vehicles. Unmanned technologies allow us to ensure maximum profile alignment and a constant distance between surveys. The use of a remote GNSS station enables us to refine significantly the magnetometer position. Experimental surveys were conducted on various geological structures and anthropogenic objects in the areas of geomagnetic observatories. The results demonstrated several advantages of this technique compared to the numerical method. The research was conducted under the Russian ScienceFund grant No. 24-17-00346

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАССИВА «ВЯЛИМЯКИ» ПРИ ПОМОЩИ БВС

И.М. Алёшин^{1,2}, М.А. Матвеев¹, Д.К. Мокров¹, Ю.А. Морозов¹, Ф.В. Передерин^{1,2}, Н.К. Розенберг¹, Я.В. Таран¹, К.И. Холодков^{1,2}, В.М. Щербаков^{1,3}*

¹Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (Москва, Россия)

²Геофизический центр РАН (Москва, Россия)

³Московский государственный университет геодезии и картографии (Москва, Россия)

keir@ifz.ru

Изучение массива Вялимяки началось в середине XIX века с поиска титаномagnetитовых руд. В 1855 году Х. Холмберг открыл позднемагматическое титаномagnetитовое месторождение на территории массива. Первая детальная геологическая модель массива представлена в работе [Саранчина, 1948]. Современное понимание строения Вялимякского интрузивного комплекса описано в работе [Алексеев, 2020], однако дискуссии о его генезисе всё ещё продолжаются.

В мае 2024 года сотрудники ИФЗ РАН провели инструментальные полевые работы с использованием беспилотных воздушных судов (БВС) в районе массива Вялимяки. В результате были созданы цифровые модели рельефа (ЦМР) и местности (ЦММ), которые дополнили имеющиеся данные по массиву.

Также была проведена аэромагнитная съёмка с помощью квантового аэромагнитометра GeoShark. Результаты съёмки продемонстрировали высокий потенциал метода для изучения подобных геологических структур. Первичная интерпретация данных выявила существенные различия с существующими представлениями о геологическом строении массива.

В перспективе на основе инверсии полученных данных будет создана комплексная геолого-геофизическая модель территории. Она позволит восстановить объёмную форму и глубину залегания корневой зоны массива Вялимяки, а также установить его связь с выходами на острове Мякисало и, возможно, выявить ранее неизвестные рудные тела.

Библиография

Саранчина Г.М. Петрология Вялимякской интрузии и связанное с нею рудопроявление // Изв. Кар.-Фин. науч.- исслед. базы АН СССР. 1948. № 2. С. 32–42.

Анисимов Р.Л., Петракова М.Е., Балтыбаев Ш.К. Раннепротерозойские габброидные массивы Кааламо и Велимяки в Северном Приладожье: Термодинамическое моделирование кристаллизации и тренды эволюции пород // Вестн. СПбГУ. Науки о Земле. 2023. Т. 68, вып. 2. С. 265–292

Алексеев И.А. Вялимякский комплекс // Ладожская протерозойская структура (геология, глубинное строение и минералогия) / Отв. ред. Н.В. Шаров. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2020. С. 85–90.

MAPPING THE VÄLIMÄKI COMPLEX: DRONE-ENABLED FIELDWORK

*I.M. Aleshin^{1,2} *, M.A. Matveev¹, D.K. Mokrov¹, Yu.A. Morozov¹, F.V. Perederin^{1,2}, N.K. Rozenberg¹, Ya.V. Taran¹, K.I. Kholodkov^{1,2}, V.M. Shcherbakov^{1,3}*

¹Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS (Moscow, Russia)

²Geophysical Center RAS (Moscow, Russia)

³Moscow State University of Geodesy and Cartography (Moscow, Russia)

keir@ifz.ru

The study of the Vällimäki Complex began in the mid-19th century with the search for titanomagnetite ores. In 1855, H. Holmberg discovered a late-magmatic titanomagnetite deposit within the complex. The first detailed geological model of the complex was presented in [Saranchina, 1948]. The modern understanding of the Vällimäki intrusive complex's structure is described in [Alekseev, 2020], though discussions regarding its genesis remain ongoing.

In May 2024, researchers from the Institute of Physics of the Earth (RAS) conducted instrumental field studies using unmanned aerial vehicles (UAVs) in the Vällimäki Complex area. As a result, digital elevation models (DEMs) and digital terrain models (DTMs) were created, supplementing existing data on the complex.

Additionally, an aeromagnetic survey was performed using the GeoShark quantum aeromagnetometer. The survey results demonstrated the high potential of this method for studying similar geological structures. Preliminary data interpretation revealed significant discrepancies with existing concepts of the complex's geological structure.

In the future, a comprehensive geological-geophysical model of the area will be developed based on the inversion of the obtained data. This model will enable the reconstruction of the three-dimensional shape and depth of the root zone of the Vällimäki Complex, establish its connection with outcrops on Mäkisalo Island, and potentially identify previously unknown ore bodies.

References:

Saranchina G.M. "Petrology of the Vyalimaki Intrusion and Related Ore Occurrence" (in Russian, orig. title: Петрология Вялимякской интрузии и связанное с нею рудопроявление), Izvestia of Karelia-Finland Research Facility of the USSR Academy of Sciences (orig. Изв. Кар.-Фин. науч.- исслед. базы АН СССР.), 1948, Nr 2. p. 32–42.

Anisimov, R. L., Petrakova, M. E. and Baltybaev, S. K. (2023) "Kaalamo and Velimyaki paleoproterozoic gabbroid massifs of the Northern Ladoga area: thermodynamic modeling of crystallization and evolution trends of igneous rocks", Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences, 68(2). doi: 10.21638/spbu07.2023.204.

Alekseev I.A. "Vyalimyakskiy Komplex" (in Russian), Proterozoic Ladoga Structure, Edited by N. V. Sharov. Petrozavodsk: Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 2020. p. 85–90.

АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ АТТРИБУТОВ ПО РЕГИОНАЛЬНОМУ КАТАЛОГУ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В РАЙОНЕ ЯПОНСКИХ ОСТРОВОВ

Е.В. Цибизова, Т.А. Ступина, Н.А. Бушенкова

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН
(Новосибирск, Россия)

tsibizovaev@ipgg.sbras.ru

В настоящей работе мы подробно рассмотрели формат первичных сейсмологических данных, представленных в бюллетенях Японского Метеорологического Агентства, из которых формируются каталоги землетрясений, в том числе и низкомагнитудных, зарегистрированных в районе Японских островов. Достаточно высокая плотность сетей сейсмических станций, насчитывающая более двух тысяч, включая глубоководные, позволяет применить многопараметрическую процедуру отбора данных по атрибутам (гипоцентр, ошибки локации, магнитуда, категория землетрясения, времена вступления фаз объемных волн, количество станций), представленным в бюллетенях и дополнительно по ним вычисляемым (коэффициент Вадати, оценки параметров графика повторяемости в скользящем окне). В результате, формируемый новый подкаталог имеет меньший объем и более высокий уровень доверия к качеству данных, что в свою очередь, сокращает расчетное время при построении трехмерных сейсмотомографических моделей. Результат «разумного» отбора данных сопровождается визуализацией распределения атрибутов в пространстве, времени, и проекциях на задаваемые пользователем срезы, что позволяет делать предварительные выводы о возможности их использования для решения различных задач. Разработанная структура может быть применена и к другим региональным каталогам с объединением данных для детализированного изучения крупных областей. Работа выполнена в рамках государственного задания ИНГГ СО РАН (проект FWZZ-2022-0017).

ANALYSIS OF SEISMIC ATTRIBUTES FROM THE REGIONAL EARTHQUAKE CATALOG OF THE JAPANESE ISLANDS AREA

E.V. Tsibizova, T.A. Stupina, N.A. Bushenkova

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS (Novosibirsk, Russia)

tsibizovaev@ipgg.sbras.ru

In this work, the format of primary seismological data presented in the bulletins of the Japan Meteorological Agency is considered in detail. They are used to form catalogs of earthquakes, including low-magnitude ones, registered in the area of the Japanese islands. A sufficiently high density of seismic networks, numbering more than two thousand stations, including deep-water ones, allows using a multiparametric procedure for selecting data by attributes (hypocenter, location errors, magnitude, earthquake category, wave phase arrival times, number of stations) presented in the bulletins. In addition, we calculated new seismic attributes (Wadati coefficient, estimates of recurrence graph parameters in a sliding window). As a result, the newly formed subcatalog has a smaller volume and a higher level of reliability in terms of data quality, which in turn reduces the estimated time of building 3D seismic tomographic models. The result of “intelligent” data selection is accompanied by visualization of the attribute distribution in space, time and projections on user-defined sections, which allows us to make preliminary conclusions about their usability for various studies. The developed structure can be applied to other regional catalogs, combining data for detailed study of large territories. The study was supported by the Government Contract of A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (project FWZZ-2022-0017).

МОНИТОРИНГ КРАТЕРНОЙ ЗОНЫ АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА ПО ДАННЫМ ГНСС-НАБЛЮДЕНИЙ И БЕСПИЛОТНОЙ АЭРОФОТОСЪЕМКИ В 2020-2025 ГГ.

И.К. Миронов, К.М. Магуськин, В.М. Магуськин

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский, Россия)

taliks123@mail.ru

В октябре-декабре 2019 г. произошла активизация слабых сейсмических событий под конусом и в радиусе 8 км от Авачинского вулкана. В связи с этими событиями, в 2020 г. лаб. геодезии и дистанционных методов исследований ИВиС ДВО РАН заложила 4 пункта на Авачинском вулкане для более детального мониторинга вершинной части вулкана. В наблюдениях использовались двухчастотные ГНСС приемники Leica GR10 с антеннами Javad GrAnt G3T. В результате обработки вычислены геодезические координаты пунктов сети. Также с 2023 г., одновременно с измерениями на ГНСС пунктах, проводится аэрофотосъемка с целью построения ортофотоплана и ЦММ вершинной части Авачинского вулкана. За время наблюдений, пункты, расположенные в северной части кратера, смещаются в северо-восточном направлении со скоростью около 2 см в год. Пункты в центральной части смещаются в сторону трещины в лавовой пробке со скоростями около 2-3 см в год. Также высоты всех пунктов уменьшились на 5-8 см за период наблюдений. В будущем планируется продолжение ГНСС-наблюдений и проведение повторных аэрофотосъемочных работ для более детального анализа возможных движений в кратерной зоне Авачинского вулкана.

MONITORING OF THE CRATER ZONE OF AVACHA VOLCANO USING GNSS OBSERVATIONS AND UNMANNED AERIAL PHOTOGRAPHY IN 2020-2025

I.K. Mironov, K.M. Maguskin, V.M. Maguskin

Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS (Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia)

taliks123@mail.ru

In October-December 2019, there was an activation of weak seismic events under the cone and within 8 km of Avacha volcano. In connection with these events, in 2020, the Laboratory of Geodesy and Remote Sensing Methods of the Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS established 4 points on Avacha volcano for more detailed monitoring of the summit of the volcano. Leica GR10 dual-frequency GNSS receivers with Javad GrAnt G3T antennas were used in the observations. As a result of processing, the geodetic coordinates of the network points were calculated. Also from 2023, simultaneously with the measurements at the GNSS points, an aerial survey is being conducted in order to construct an orthophoto and DEM of the summit of Avacha volcano. During the observation period, the points located in the northern part of the crater move northeastward at a rate of about 2 cm per year. The points in the central part are shifting toward the fissure in the lava plug at a rate of about 2-3 cm per year. Also, the elevations of all points decreased by 5-8 cm during the observation period. In the future, it is planned to continue GNSS observations and conduct repeated aerial surveys for a more detailed analysis of possible movements in the crater zone of Avacha volcano.

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ВИБРОСЕЙСМИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА КАРАБЕТОВА ГОРА

В.В. Ковалевский, Л.П. Брагинская, А.П. Григорюк, Д.А. Караваяев

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН
(Новосибирск, Россия)

kovalevsky@sscc.ru

В работе приведены методика и результаты обработки данных эксперимента по вибросейсмической томографии грязевого вулкана Карабетова гора. Исследовалась структура волнового поля при прохождении волн от вибраторов через грязевой вулкан по различным направлениям. При анализе вибрационных сейсмограмм выделялись периоды с разной динамикой на основе определения показателя Херста как меры хаотичности временного ряда, что позволило выявить волны прошедшие через флюидосодержащие зоны вулкана. Построение томографического изображения внутренней структуры вулкана основывалось на алгоритме обратного проецирования по определенной для отдельных сейсмограмм фрактальной размерности или параметра Херста. В результате удалось выделить три зоны повышенного поглощения сейсмических волн внутри вулкана, связанными с каналами выхода грязе-брекчиевой составляющей вулкана на поверхность.

DATA PROCESSING OF THE KARABETOVA GORA MUD VOLCANO VIBROSEISMIC TOMOGRAPHY

V.V. Kovalevskiy, L.P. Braginskaya, A.P. Grigoruk, D.A. Karavaev

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS (Novosibirsk,
Russia)

kovalevsky@sscc.ru

The paper presents the methodology and results of processing the data of the experiment on vibroseismic tomography of the Karabetova Gora mud volcano. The structure of the wave field was studied when waves from vibrators passed through the mud volcano in different directions. When analyzing vibration seismograms, periods with different dynamics were identified based on the definition of the Hurst exponent as a measure of the chaos of the time series, which made it possible to identify waves that passed through the fluid-containing zones of the volcano. Construction of a tomographic image of the internal structure of the volcano was based on the algorithm of back projection according to the fractal dimension or Hurst parameter determined for individual seismograms. As a result, it was possible to identify three zones of increased absorption of seismic waves inside the volcano, associated with the channels of the exit of the mud-breccia component of the volcano to the surface.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ РАДИОВЫСОТОМЕРА ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АЛГОРИТМОВ РЕТРЕКИНГА

А.О. Слободянюк², С.А. Лебедев^{1,2}

¹Геофизический центр РАН (Москва, Россия)

²Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (Москва, Россия)

sashaedva@mail.ru

Целью исследования является анализ влияния факторов, связанных с ориентацией антенны альтиметра и состоянием морской поверхности, на точность измерений радиовысотомера с использованием численного моделирования и алгоритмов ретрекинга. Для моделирования формы отраженного импульса применялась геометрия Брауна, а для расчета отраженной мощности отдельных участков поверхности использовался метод Кирхгофа при малых углах падения. Проведены три эксперимента: 1) Отклонение оси антенны (угол отклонения от надира 0–0,5°) на спокойной поверхности с ветром; 2) Вращение морской поверхности (0–180°) относительно вертикальной оси при взволнованной поверхности; 3) Изменение амплитуды доминантной волны (1–2 м) на взволнованной поверхности. Результаты показали, что при отклонении антенны наблюдается смещение середины переднего фронта импульса на 3 гейта и снижение значимой высоты волн, с ошибкой измерения высоты морской поверхности $0,89 \pm 0,48$ см для данных спутника Jason-3. При вращении поверхности ошибка составила $0,18 \pm 0,25$ см, а при изменении амплитуды волны — $0,83 \pm 0,05$ см. Численное моделирование демонстрирует эффективность алгоритмов ретрекинга (Браун, Ocean-2) в коррекции ошибок, вызванных нестабильностью антенны и динамикой морской поверхности, что важно для повышения точности спутниковой альтиметрии в океанографии и климатических исследованиях.

NUMERICAL MODELING OF RADAR ALTIMETER OPERATION TO REFINE RETRACKING ALGORITHM PARAMETERS

A.O. Slobodyanyuk², S.A. Lebedev^{1,2}

¹Geophysical Center RAS (Moscow, Russia)

²National Research University "Moscow Institute of Electronic Engineering" (Moscow, Russia)

sashaedva@mail.ru

The aim of the study is to analyze the influence of factors related to the orientation of the altimeter antenna and the state of the sea surface on the accuracy of radar altimeter measurements using numerical modeling and retracking algorithms. The Brown model was used for modeling the shape of the reflected pulse, and the Kirchhoff method was employed for calculating the reflected power from individual surface areas at small incidence angles. Three experiments were conducted: 1) Deviation of the antenna axis (deviation angle from nadir 0–0.5°) on a calm surface with wind; 2) Rotation of the sea surface (0–180°) relative to the vertical axis on a rough surface; 3) Change in the amplitude of the dominant wave (1–2 m) on a rough surface. The results showed that with antenna deviation, there is a shift in the midpoint of the leading edge of the pulse by 3 gates and a decrease in the significant wave height, with an error in measuring the sea surface height of 0.89 ± 0.48 cm for Jason-3 satellite data. With surface rotation, the error was 0.18 ± 0.25 cm, and with changing wave amplitude, it was 0.83 ± 0.05 cm. Numerical modeling demonstrates the effectiveness of retracking algorithms (Brown, Ocean-2) in correcting errors caused by antenna

instability and sea surface dynamics, which is important for improving the accuracy of satellite altimetry in oceanography and climate research.

МЕЖВЕДОМСТВЕННАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЫСОКОШИРОТНАЯ РАДИОТРАССА ИКИ РАН – ОСНОВА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МОСКОВСКОГО ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКОГО МЕРИДИАНА

А.Т. Янаков¹, А.А. Петрукович¹, А.М. Мёрзлый¹, А.М. Садовский¹, И.В. Мингалёв², Я.А. Сахаров²

¹Институт космических исследований РАН (Москва, Россия)

²Полярный геофизический институт (Мурманск, Россия)

eet-21@mail.ru

В докладе приведены обоснование необходимости проведения гелиогеофизического мониторинга для решения научно-прикладных задач. Проанализированы возможности существующих сетей гелиогеофизического мониторинга Росгидромета и Минобрнауки по обеспечению потребителей информацией. Представлены основные положения проекта концепции системы гелиогеофизического мониторинга в Арктике. Сформулированы предложения по формированию московского гелиогеофизического меридиана как элемента системы мониторинга. Изложены основные фундаментальные и прикладные задачи МЭРТ ИКИ РАН, а также результаты проведенных теоретических и экспериментальных работ.

БЕСПИЛОТНАЯ ДОБЫЧА ВУЛКАНИЧЕСКИХ МЕТАЛЛОВ

В.Н. Ардасенов

Москва, Россия

ardvalnik@mail.ru

Беспилотные аппараты по применяемым материалам, конструктивному исполнению, грузоподъемности и удаленности управления создают предпосылки безопасного способа добычи рения и других ценных элементов из фумарольных газопаровых выбросов вулкана "Кудрявый" (Итуруп). Исходные требования для разработки и применения способа: защита двигателей от абразивного пепла; подбор конструкций ловушек рассеянных минеральных компонентов и летучих частиц металлов газовой среды; компьютерная обработка видеозаписей фракционного соотношения элементов на различных эшелонах газовых выбросов; оценка плотности, химико-органического состава минералов и магнитных свойств металлов; идентификация частиц металлов по оптическим характеристикам; молодежная и соревновательная направленность формирования полезных новаций в создаваемой экосистеме.

UNMANNED MINING OF VOLCANIC METALS

V.N. Ardasenov

Moscow, Russia

ardvalnik@mail.ru

In terms of materials used, structural design, carrying capacity and remote control, unmanned vehicles create the prerequisites for a safe method of extracting rhenium and other valuable elements from fumarolic gas-steam emissions from the Kudryavy volcano (Iturup). Initial requirements for the development and application of the method: protection of engines from

abrasive ash; selection of trap designs for dispersed mineral components and volatile metal particles in the gaseous medium; computer processing of video recordings of the fractional ratio of elements at various levels of gas emissions; assessment of density, chemical and organic composition of minerals and magnetic properties of metals; identification of metal particles by optical characteristics; youth and the competitive orientation of the formation of useful innovations in the created ecosystem

SCIENTIFIC SESSION

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ:
ЦИФРОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ В
ОКЕАНОЛОГИИ,
ФИЗИКЕ АТМОСФЕРЫ
И ГЕОГРАФИИ**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ ТРОПИЧЕСКОГО ЦИКЛОНА НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.С. Еременко^{1,2}

¹Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН (Владивосток, Россия)

²Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Россия)

academy21@gmail.com

Автоматическое обнаружение тропических циклонов и определение их категории на основе нейросетевых технологий представляют собой важное направление в современном спутниковом мониторинге. Тропические циклоны (ТЦ) являются опасными природными явлениями, требующими оперативного прогнозирования. Традиционные методы, такие как техника Дворака, обладают существенными недостатками, включая субъективность оценок и значительные расхождения в определении параметров ТЦ. В данной работе предложен автоматизированный подход к детекции и классификации ТЦ с использованием глубокого обучения, позволяющий минимизировать эти ограничения.

В исследовании использовались данные геостационарного спутника Himawari-8 — 13 565 ИК-изображений за период с 2012 по 2022 год, размеченных на основе best-треков Японского метеорологического агентства (JMA). Категоризация ТЦ проводилась по скорости ветра, выделено 7 классов — от тропического волнения до очень интенсивного тропического циклона. Для решения задачи применена архитектура YOLOv5, адаптированная для обработки спутниковых данных. Дополнительно учитывались такие параметры, как радиус "глаза" ТЦ и критерий рассогласования углов ветра, рассчитанный по картам доминантных ориентаций термических контрастов (ДОТК).

Результаты показали высокую эффективность предложенного метода. Ошибка определения центра ТЦ составила не более 10.5 км по широте и долготе, что существенно точнее традиционных подходов. Классификация по категориям достигла точности свыше 80% для большинства классов, при этом для некоторых категорий, например тропического волнения и интенсивного тропического циклона, точность превысила 90%. Наибольшие затруднения вызвало распознавание очень интенсивных тропических циклонов (категория 7), что связано с их относительно малым количеством в обучающей выборке и нелинейной зависимостью размера ТЦ от интенсивности на экстремальных стадиях.

Разработанная модель интегрирована в распределённую систему мониторинга, обеспечивающую обработку данных в реальном времени (4 секунды на изображение) и визуализацию треков ТЦ через веб-интерфейс. Для повышения точности классификации экстремальных ТЦ предложено использовать дополнительные параметры, такие как радиус "глаза" и данные карт ДОТК, демонстрирующие чёткую корреляцию с интенсивностью циклона.

Таким образом, предложенный подход позволяет значительно повысить точность и оперативность мониторинга тропических циклонов по сравнению с традиционными методами. Дальнейшие исследования будут направлены на улучшение классификации экстремальных ТЦ за счёт расширения обучающей выборки и включения дополнительных спутниковых данных. Разработанная система имеет практическую значимость для метеорологических служб и может быть использована для раннего предупреждения об опасных погодных явлениях.

AUTOMATIC DETECTION AND CLASSIFICATION OF TROPICAL CYCLONES USING NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES IN MODERN SATELLITE MONITORING

A.S. Eremenko^{1,2}

¹Institute of automation and control processes (Vladivostok, Russia)

²Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russia)

academy21@gmail.com

Automatic detection of tropical cyclones (TCs) and determination of their category based on neural network technologies represent an important direction in modern satellite monitoring. Tropical cyclones are hazardous natural phenomena requiring rapid forecasting. Traditional methods, such as the Dvorak technique, have significant limitations, including subjective assessments and substantial discrepancies in TC parameter estimation. This paper proposes an automated approach for TC detection and classification using deep learning to minimize these constraints.

The study utilized data from the Himawari-8 geostationary satellite—13,565 infrared images from 2012 to 2022, labeled based on best-track data from the Japan Meteorological Agency (JMA). TCs were categorized by wind speed into 7 classes, ranging from tropical disturbances to very intense tropical cyclones. The YOLOv5 architecture, adapted for satellite data processing, was employed for the task. Additional parameters, such as the TC eye radius and the wind angle mismatch criterion derived from dominant thermal contrast orientation (DTCO) maps, were also considered.

The results demonstrated the high efficiency of the proposed method. The error in determining the TC center did not exceed 10.5 km in latitude and longitude, significantly outperforming traditional approaches. Classification accuracy exceeded 80% for most categories, with some, such as tropical disturbances and intense tropical cyclones, achieving over 90% accuracy. The greatest challenges arose in recognizing very intense tropical cyclones (Category 7), attributed to their limited representation in the training dataset and the nonlinear relationship between TC size and intensity at extreme stages.

The developed model has been integrated into a distributed monitoring system enabling real-time data processing (4 seconds per image) and TC track visualization via a web interface. To improve classification accuracy for extreme TCs, additional parameters such as eye radius and DTCO maps—which show a strong correlation with cyclone intensity—were proposed for inclusion.

Thus, the proposed approach significantly enhances the accuracy and efficiency of tropical cyclone monitoring compared to traditional methods. Future research will focus on improving extreme TC classification by expanding the training dataset and incorporating additional satellite data. The developed system has practical value for meteorological services and can be used for early warning of hazardous weather events.

СЕМАНТИЧЕСКАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ MODIS ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

А.В. Зацерковный, Е.В. Кустова

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН (Владивосток, Россия)

kustova_e@poi.dvo.ru

В представленной работе описан алгоритм бинарной сегментации акватории залива Петра Великого по семи каналам снимков TERRA и AQUA, доступным в разрешении 500 метров/пиксель.

Части снимков, захватывающих исследуемый район, интерполируются по координатам на тензор с равномерной сеткой 7x285x430. Если необходимо, данные из соседних гранул сшиваются. Разрешение 285x430 примерно соответствует разрешению участков снимков в надири над заливом.

Результатом сегментации является вещественная матрица 285x430, которую можно порогом конвертировать в булеву. Сегментация выполняется свёрточной нейронной сетью, созданной авторами по некоторой аналогии с U-Net. Обучение сети выполняется на снимках, размеченных полуавтоматически. Актуальность работы связана с практической непригодностью продуктов MODIS MOD29/MYD29 для рассматриваемого региона.

SEMANTIC SEGMENTATION OF MODIS SATELLITE DATA TO DETERMINE THE ICE COVER IN PETER THE GREAT BAY

A.V. Zatserkovnyy, E.V. Kustova

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute (Vladivostok, Russia)

kustova_e@poi.dvo.ru

The paper describes an algorithm for the binary segmentation of the water area in Peter the Great Bay, using seven channels of 500-meter resolution from TERRA and AQUA datasets. Parts of the images capturing the area under study are interpolated by coordinates onto a 7x285x430 tensor. If necessary, data from neighboring granules is combined. The segmentation process results in a 285x430 float numbers matrix, which can then be converted to a binary matrix using a threshold value. Segmentation is performed using a convolutional neural network that was created by the authors by some analogy with U-Net. We train the Network on semi-automatically annotated images. The relevance of this work lies in the unsuitability of MODIS MOD29/MYD29 products for the region under consideration.

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ АЛГОРИТМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ СНИМКОВ В ВЫСОКОТОЧНЫЕ ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА

А.А. Олин, И.В. Екимов

Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Россия)

olin.aal@dvfu.ru

В данной работе мы применяем специально разработанные алгоритмы глубокого обучения и методы нечеткой классификации для автоматического преобразования спутниковых снимков в детальные цифровые модели рельефа. Обученные нейросетевые модели демонстрируют высокую эффективность в выделении геоморфологических структур и различении естественного рельефа от антропогенных изменений. Алгоритмы

успешно протестированы на данных дистанционного зондирования Landsat и Sentinel, показав точность построения высотных профилей с погрешностью менее 4 метров. Полученные результаты открывают возможности для внедрения системы в практику геологических исследований и мониторинга изменений земной поверхности.

NEURAL NETWORK ALGORITHMS FOR TRANSFORMING MULTISPECTRAL IMAGERY INTO HIGH-PRECISION DIGITAL ELEVATION MODELS

A.A. Olin, I.V. Ekimov

Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russia)

olin.aal@dvfu.ru

In this work, we apply specially developed deep learning algorithms and fuzzy classification methods for automatic conversion of satellite images into detailed digital elevation models. The trained neural network models demonstrate high effectiveness in identifying geomorphological structures and distinguishing natural relief from anthropogenic changes. The algorithms were successfully tested on Landsat and Sentinel remote sensing data, showing accuracy in constructing elevation profiles with an error of less than 4 meters. The obtained results open possibilities for implementing the system in geological research practice and land surface change monitoring.

ПРИМЕНЕНИЕ ВИЗУАЛИЗИРОВАННЫХ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА ДЛЯ МОРФОСТРУКТУРНОГО И МОРФОТЕКТОНИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ДНА МОРЕЙ И ОКЕАНОВ

A.A. Гаврилов

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН (Владивосток, Россия)

gavrilov@poi.dvo.ru

Визуализированные цифровые модели подводного рельефа GEBCO_2014, GEBCO_2022 (<http://Ocean3dprojects...>) в комплексе с материалами дистанционного зондирования Земли из космоса в рамках существующих программ (Google Earth, Google Earth Pro и др.) открывают принципиально новые возможности для изучения геоморфологии и геологии дна морей, океанов.

Особые перспективы связаны с комплексным использованием при анализе изображений методик морфоструктурного анализа и космогеологического дешифрирования. Опыт применения таких исследований в пределах подводных возвышенностей дна окраинно-континентальных морей и некоторых районов Тихого океана (Гаврилов, 2022 и др.) показывает, что, в соответствии со спецификой их геологического строения и развития, главные объекты изучения – разрывные нарушения и кольцевые морфоструктуры. Выборочная заверка их на основе геолого-геофизических материалов позволила установить в изученных районах широкое развитие очаговых образований разного генотипа и ранга: от отдельных палеовулканических построек до магматических сводов, представляющих собой проекции мантийных диапиров. Линейные системы, цепи палеовулканов, сопряженные с мажорными разломами, образуют тектоническую основу подводных горных хребтов. Основные научные задачи связаны с изучением строения и происхождения подводных горных сооружений, с оценкой роли очаговых систем и зон разломов при горообразовании и рудогенезе в областях внутриплитной тектономагматической активизации дна Тихого океана. Прикладные исследования направлены на анализ особенностей геологии и геоморфологии известных и

потенциально перспективных подводных рудоносных районов, определение факторов структурного контроля скоплений рудной минерализации, разработку критериев прогнозирования и минерагенического районирования.

Гаврилов А.А. Актуальные теоретические вопросы геоморфологических и морфотектонических исследований. – Владивосток: Дальнаука, 2022. 324 с.

APPLICATION OF VISUALIZED DIGITAL RELIEF MODELS FOR MORPHOSTRUCTURAL AND MORPHOTECTONIC MAPPING OF SEAS AND OCEANS BOTTOM

A. A. Gavrilov

Il'ichev Pacific Oceanological Institute (Vladivostok, Russia)

gavrilov@poi.dvo.ru

Visualized digital models of an underwater relief of GEBCO_2014, GEBCO_2022 (<http://Ocean3dprojects...>) in combination with materials for remote sensing of the Earth from space within the framework of existing programs (Google Earth, Google Earth Pro, etc.) open up fundamentally new opportunities for geomorphology and geology study of seas and oceans bottom.

Special prospects are associated with the complex use of morphostructural analysis and cosmogeological decryption methods by an image analysis. The experience of the application of such investigations within underwater rises of the marginal-continental seas bottom and some regions of the Pacific Ocean (Gavrilov, 2022 and oth.) shows that, in accordance with the specifics of their geological structure and development, faults and ring morphostructures are main objects of the study. Selective verification of them on the basis of geological and geophysical materials made it possible to establish in the studied areas the widespread development of focal formations of different genotypes and ranks: from individual paleovolcanic constructions to magmatic swells, which are projections of mantle diapirs. Linear systems, chains of paleovolcanoes connected with magma-controlling faults form the tectonic basis of underwater mountain ridges. The fundamental scientific problems are related to the structure and origin study of underwater mountain constructions, in particular, to the assessment of focal systems and fault zones role in mountain formation and orogenesis in areas of intraplate tectonomagmatic activation of the Pacific Ocean. The applied researches are aimed for analysis of geology and geomorphology features of known and potentially promising underwater ore-bearing areas, for the definition of structural control factors of ore mineralization concentrations, for the forecasting criteria and mineragenic zoning working.

Gavrilov A.A. Actual theoretical questions of geomorphological and morphotectonic researches. Vladivostok: Dalnauka, 2022. 324 p.

ЦИФРОВЫЕ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (МАСШТАБ 1:1 000 000)

Д.С. Дроздов^{1,2,3}, Г.В. Малкова^{1,3}, Ю.В. Коростелев^{1,3}, Н.М. Бердников¹, Д.А. Абрамов¹, Д.В. Сироткин³

¹Институт криосферы Земли ТЮМНЦ СО РАН (Тюмень, Россия)

²Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго
Орджоникидзе (Москва, Россия)

³ФГБУ «Гидроспецгеология» (Москва, Россия)

ds_drozдов@mail.ru, galina_malk@mail.ru

Цифровые геокриологические карты масштаба 1:1 000 000 севера Западной Сибири составляются в настоящее время при полистном государственном гидрогеологическом и инженерно-геологическом картировании. Используется единая контурная основа (слой т.н. природно-территориальных комплексов – ПТК), образованная при дешифрировании космоснимков и анализе ранее составленных карт региона разного масштаба. ПТК образуют иерархию и типизированы. Выполнены базовые карты ПТК (ландшафтные карты) листов Q-41 (Воркута), Q-42 (Салехард), R-42(43) (Ямал), Q-43 (Нов. Уренгой), начата работа по S-44 (Диксон), Q-45 (Игарка), R-45 (Норильск). На этой контурной основе составлены геокриологические, прогнозные и оценочные карты глубиной в основном 10-20 метров.

- Составлена многослойная карта поверхностных отложений – возраст, литология, засоленность и оторфованность пород.
- Составлен комплект покомпонентных мерзлотных карт – распространение, температура, мощность, льдистость мерзлоты, развитие криопэгов, криогенные процессы.
- Разработана прогнозная карта среднегодовой температуры мерзлоты на 2050 год, учитывающая реакцию криогенных ландшафтов на климатическое потепление (по среднему сценарию RCP 4.5) и замедление тренда повышения температуры грунтов, по мере ее приближения к нулевым значениям.
- Получены оценочные карты расчетных сопротивлений мёрзлых грунтов сдвигу по поверхности смерзания R_{af} для двух временных срезов – на 2020 и 2050 гг.

Поддержано госзаданием Минобрнауки РФ № FWRZ-2021-0012.

DIGITAL GEOCRYOLOGICAL MAPS OF THE NORTH OF WESTERN SIBERIA (SCALE 1:1,000,000)

D.S. Drozdov^{1,2,3}, G.V. Malkova^{1,3}, Yu.V. Korostelev^{1,3}, N.M. Berdnikov¹, D.A. Abramov¹, D.V. Sirotkin³

¹Institute of the Earth's Cryosphere of the Tyumen Scientific Center SB RAS (Tyumen, Russia)

²Sergo Ordzhonikidze Russian State University For Geological Prospecting (Moscow, Russia)

³Hydrospecgeologia (Moscow, Russia)

ds_drozдов@mail.ru; galina_malk@mail.ru

Digital geocryological maps (scale 1:1,000,000) of the north of Western Siberia are being compiled during the state hydro geological and engineering-geological mapping. A digital layer of the so-called natural-territorial complexes – NTC – is used. It is formed by the interpretation of space images and the analysis of previously compiled maps of the region at different scales. NTCs form a hierarchy and are typified. Basic NTC-maps (landscape maps) corresponding to topographic maps Q-41 (Vorkuta), Q-42 (Salekhard), R-42(43) (Yamal), Q-43 (Nov. Urengoy)

have been completed, and S-44 (Dikson), Q-45 (Igarka), and R-45 (Norilsk) are processed now. The NTC contours are used to draw-up geocryological, forecast, and evaluation maps with a depth of 10-20 meters or more:

- A multilayer map of surface deposits – age, lithology, salinity, and peat content.
- A set of detailed permafrost maps – distribution, temperature, thickness, ice content, cryopages and cryogenic processes.
- A forecast map of the average annual permafrost temperature for 2050 has been developed, taking into account the response to climate warming (according to the RCP 4.5 medium scenario) and the slowdown in the trend of increasing ground temperature as it approaches zero values.
- Estimated maps of the mechanical resistance of frozen soils to shear along the freezing surface have been obtained for two time slices: 2020 and 2050.

Supported by the state task FWRZ-2021-0012 of the Russian Ministry of Education and Science.

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПЛОЩАДКИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА «КУМЖА», РАСПОЛОЖЕННОЙ В ДЕЛЬТЕ РЕКИ ПЕЧОРА

Г.В. Малкова¹, М.Р. Садуртдинов¹, А.Г. Скворцов¹, Ю.В. Коростелев¹, А.М. Царев¹, С.Ю. Давыденко^{1,2}, М.С. Судакова^{1,2}

¹Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН (Тюмень, Россия)

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

galina_malk@mail.ru

В докладе представлены результаты геокриологического мониторинга на площадке Кумжа, расположенной в дельте р. Печоры, где мерзлота имеет редкоостровное распространение. Площадка размером 70х100 метров организована в 2014 г. в пределах площади перспективного Кумжинского ГКМ для изучения термического состояния грунтов и глубины залегания мерзлоты, а также их изменения при потеплении климата. В пяти скважинах изучен криолитологический разрез до глубины 10 м и проводятся круглогодичные измерения температуры на разных глубинах. Наблюдается повышение среднегодовой температуры грунтов на 0,1...0,2°C и сокращение глубины сезонных колебаний. С помощью георадиолокационной съемки и сейсмопрофилирования по постоянной сетке профилей установлено, что происходит неравномерное опускание кровли мерзлоты со средней скоростью 0,25 м/год в зависимости от фациальных условий поверхности и влажности грунтов. Быстрый и удобный доступ к информации, автоматический анализ, численное моделирование и трехмерную визуализацию текущего и прогнозного термического состояния грунтов позволяет реализовать цифровой геокриологический двойник, созданный в программе Frost 3D. Цифровой двойник площадки «Кумжа» сочетает результаты многолетних наблюдений и инновационные технологии для управления рисками в условиях деградации мерзлоты.

Работа выполнена в рамках Госзадания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проекты №№ FWRZ-2021-0012 и FWRZ-2021-0005).

THE DIGITAL TWIN OF THE «KUMZHA» GEOCRYOLOGICAL MONITORING SITE LOCATED IN THE PECHORA RIVER DELTA

G.V. Malkova¹, M.R. Sadurtdinov¹, A.G. Skvortsov¹, Yu.V. Korostelev¹, A.M. Tsarev¹, S.Yu. Davydenko^{1,2}, M.S. Sudakova^{1,2}

¹Institute of the Earth's Cryosphere of the Tyumen Scientific Center SB RAS (Tyumen, Russia)

²Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

galina_malk@mail.ru

The report presents the results of geocryological monitoring at the Kumzha site located in the Pechora River delta, where permafrost is sporadic distributed. The 70x100 meter site was organized in 2014 within the prospective Kumzhinskoye GCF to study the thermal state of soils and permafrost depth, as well as their changes with climate warming. The cryolithologic section to a depth of 10 m has been studied in five wells and temperature measurements at different depths are carried out. An increase in the average annual soil temperature by 0.1...0.2°C and changes in the depth of seasonal fluctuations are observed. Using georadiolocation survey and seismic profiling on a constant grid of profiles, it was established that there is an uneven lowering of the permafrost roof at an average rate of 0.25 m/year depending on the facies conditions of the surface and soil moisture. Quick and convenient access to all information, automatic analysis, numerical modeling and three-dimensional visualization of the current and predicted thermal state of soils allows to solve the digital geocryological twin created in the Frost 3D software package. The digital twin of the Kumzha site combines the results of long-term observations and innovative technologies for risk management in permafrost degradation conditions.

The work was carried out under the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (projects №№ FWRZ-2021-0012 and FWRZ-2021-0005).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНОЙ АЭРОФОТОСЪЕМКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТРОЕНИЯ И РАЗВИТИЯ МЫСА ТЫТЕРИ НА БАЙКАЛЕ

М.А. Лунина^{1,2}

¹Иркутский государственный университет (Иркутск, Россия)

²Институт земной коры СО РАН (Иркутск, Россия)

lounina2006@inbox.ru

Проведено изучение рельефа мыса Тытери, расположенного в пределах Байкало-Ленского заповедника на северо-западном побережье оз. Байкал. Для этого использованы данные беспилотной аэрофотосъемки, обработанные фотограмметрическим методом. В результате построены ортофотоплан и цифровая модель местности района работ. На их основе составлена геоморфологическая карта, детально охарактеризованы геоморфологические формы и показаны сейсмогенные разрывы – выходы очага палеоземлетрясения на земную поверхность. Выявлено, что за время существования долин на изученной площади резко изменялся базис эрозии, т.е. уровень оз. Байкал, куда впадали ручьи. Находка деформированного во время палеоземлетрясения фрагмента байкальской террасы подтвердила, что около 50000 – 44020 лет уровень оз. Байкал был на 118–120 м выше, чем в настоящее время. Мыс Тытери в то время еще не был сформирован. Таким образом, дешифрирование высокоточных изображений земной поверхности позволяет идентифицировать даже малозаметные следы проявления различных геологических процессов.

USING UNMANNED AERIAL PHOTOGRAPHY TO STUDY THE STRUCTURE AND DEVELOPMENT OF CAPE TYTERI ON LAKE BAIKAL

M.A. Lunina^{1,2}

¹Irkutsk State University (Irkutsk, Russia)

²Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of RAS (Irkutsk, Russia)

lounina2006@inbox.ru

The study of the relief of Cape Tytery located within the Baikal-Lena Reserve on the northwestern coast of Lake Baikal was carried out. Unmanned aerial photography data processed by the photogrammetric method were used. As a result, an orthophotomap and a digital terrain model of the work area were built. On their basis, a geomorphological map was compiled, geomorphological forms were characterized in detail, and seismogenic ruptures, i.e., outcrops of the paleoearthquake source on the earth's surface, were shown. It was revealed that during the existence of valleys in the studied area, the basis of erosion changed sharply, i.e. level of Lake Baikal, where streams flowed. The discovery of a fragment of the Baikal terrace deformed during a paleoearthquake confirmed that about 50,000–44,020 years ago the level of Lake Baikal was 118–120 m higher than at present. Cape Tytery had not yet been formed at that time. Thus, the interpretation of the ultra-high resolution UAV's images of the earth's surface makes it possible to identify even subtle traces of various geological processes.

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА АНТАРКТИЧЕСКИХ ОАЗИСОВ

И.В. Флоринский

Институт математических проблем биологии РАН – филиал Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН (Москва, Россия)

iflor@mail.ru

Цифровое моделирование рельефа (геоморфометрия) широко используется в науках о Земле. Представлены результаты геоморфометрического моделирования и картографирования нескольких антарктических оазисов, включая холмы Ларсеманн, холмы Тала, оазис Ширмахера, полуостров Файлдс, оазис Бангера, мыс Беркс, остров Хасуэлл и нунатак Ленинградский. В качестве исходных данных использованы фрагменты Reference Elevation Model of Antarctica (REMA). Для каждой территории рассчитаны цифровые модели следующих морфометрических величин: крутизна, экспозиция, горизонтальная кривизна, вертикальная кривизна, минимальная кривизна, максимальная кривизна, водосборная площадь, топографический индекс влажности и индекс мощности потоков. Полученные геоморфометрические карты могут быть полезны для структурно-геологических исследований. Конечной целью текущего проекта является создание геоморфометрического атласа свободных от оледенения территорий Антарктики.

DIGITAL TERRAIN MODELING OF ANTARCTIC OASES

I.V. Florinsky

Institute of Mathematical Problems of Biology, Keldysh Institute of Applied Mathematics, Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

iflor@mail.ru

Digital terrain modeling (geomorphometry) is widely used in geosciences. We present results of geomorphometric modeling and mapping of several Antarctic oases including the

Larsemann Hills, Thala Hills, Schirmacher Oasis, Fildes Peninsula, Bunger Hills, Cape Burks, Haswell Island, and Leningradsky Nunatak. As input data, we used fragments of the Reference Elevation Model of Antarctica (REMA). For each territory, we derived digital models of the following morphometric variables: slope, aspect, horizontal curvature, vertical curvature, minimal curvature, maximal curvature, catchment area, topographic wetness index, and stream power index. Derived geomorphometric maps can be useful for structural geological studies. The ultimate goal of the ongoing project is to create a geomorphometric atlas of ice-free Antarctic territories.

МОНИТОРИНГ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СКЛОНОВЫХ КРИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ И БПЛА

А.В. Хомутов¹, М.О. Лейбман¹, Р.Р. Хайруллин², И.И. Тарасевич^{1,3}, Н.Б. Нестерова^{4,5}, М.М. Данько¹

¹Институт криосферы Земли ТЮМНЦ СО РАН (Тюмень, Россия)

²b.geos GmbH (Вена, Австрия)

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

⁴Институт полярных и морских исследований имени Альфреда Вегенера (AWI Potsdam, Германия)

⁵Университет Потсдама (UP, Германия)

artcryo@yandex.ru

Мониторинг и картографирование склоновых криогенных процессов актуальны в условиях возросшей с начала XXI в. активности криогенных рельефообразующих процессов в Арктике, обусловленной глобальными климатическими изменениями, особенно значительными в высоких широтах. В тундровой зоне Западной Сибири наиболее распространенными формами рельефа – индикаторами развития криогенного оползания, являются оползневые цирки и термоцирки. Значительное увеличение числа и активности последних после 2012 г. связано с достижением кровли распространенных здесь подземных льдов, образованием криогенных оползней течения и последующим вытаиванием ледяной залежи. Полевые наблюдения на локальных участках сопровождаются классической фотограмметрической БПЛА-съемкой термоцирков. Это позволяет проводить детальный мониторинг развития процессов и актуализировать дешифровочные признаки изучаемых форм рельефа для дальнейшей инвентаризации и классификации проявлений склоновых криогенных процессов по спутниковым данным на всю площадь тундровой зоны Западной Сибири. Преимуществом успешного применения в тундрах классической фотограмметрии с БПЛА, мультиспектральных спутниковых данных и даже общедоступных спутниковых мозаик остается отсутствие необходимости использования более дорогостоящих и трудозатратных инструментальных полевых съемок и наземного мониторинга. Работа ведется в рамках проекта гос.задания ИКЗ ТЮМНЦ СО РАН (FWRZ-2021-0012) и стипендии DAAD (“STIBET-I”).

MONITORING AND MAPPING OF SLOPE CRYOGENIC PROCESSES USING REMOTE SENSING AND UAV

A.V. Khomutov¹, M.O. Leibman¹, R.R. Khairullin², I.I. Tarasevich^{1,3}, N.B. Nesterova^{4,5}, M.M. Danko¹

¹Earth Cryosphere Institute Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

²b.geos GmbH (Vienna, Austria)

³Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

⁴Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research (AWI Potsdam, Germany)

⁵University of Potsdam (UP, Germany)

artcryo@yandex.ru

Monitoring and mapping of slope cryogenic processes are relevant in the context of the increased activity of cryogenic relief-forming processes in the Arctic since the beginning of the 21st century, caused by global climate changes, especially significant at high latitudes. In the tundra zone of West Siberia, the most common landforms - indicators of cryogenic landsliding - are landslide cirques and thermocirques. A considerable increase in the number and activity of the latter after 2012 is associated with reaching the top of the ground ice layers widespread here, as a result, formation of retrogressive thaw slumps followed by thawing out of the ice layers. Our field observations in key sites are accompanied by classical photogrammetric UAV-survey of thermocirques. This allows detailed monitoring of the process activity, updating the indicators of the landforms and, further on, inventory and classification of slope cryogenic processes based on satellite data for the entire area of the West Siberia tundra. The advantage of successful application of classical UAV photogrammetry, multispectral satellite data and even free-for-all satellite mosaics in the tundra is the lack of necessity to use more expensive and time-consuming field topographic surveys and land-based monitoring. The work is carried out within the framework of the state assignment project of the ECI Tyumen Scientific Centre SB RAS (FWRZ-2021-0012) and the DAAD fellowship ("STIBET-I").

КРУПНОМАСШТАБНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ НАРУШЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЮЖНО-САХАЛИНСКОГО ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА

К.А. Швидская, А.В. Копанина

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН (Южно-Сахалинск, Россия)

qetrin89@mail.ru

В современной науке для целей картографирования растительности, нарушенной вследствие извержений магматических вулканов, широко применяются вегетационные индексы NDVI и SAVI. Для территорий грязевых вулканов подобных работ немного. Южно-Сахалинский грязевой вулкан (ЮСГВ), расположенный в южной части о-ва Сахалин в подзоне темнохвойных лесов, в ходе своей активности формирует своеобразный ландшафт. Последнее крупное извержение вулкана произошло в 2020 г. Нами проанализированы результаты расчета вегетационных индексов NDVI и SAVI по спутниковым снимкам (Sentinel-2) для территории ЮСГВ за 2017–2021 гг. С учетом фенологических фаз ценозообразующих и доминантных видов за разные периоды вегетационных сезонов были определены границы луговых и лесных растительных сообществ, окружающих эруптивный центр вулкана. Создана крупномасштабная карта

растительности ЮСГВ, отражающая последствия его извержения. Установлено, что площадь растительности, нарушенной вследствие извержения 2020 г., сопоставима с площадью выброшенной брекчии. Выявлены участки за пределами эруптивного центра вулкана, растительность которых не была затронута извержением, но находится в режиме угнетения. Значения вегетационных индексов для таких участков понижены. Индекс SAVI позволяет установить границы нарушенных и угнетенных растительных сообществ более точно, и мы рекомендуем его применение для крупномасштабного картографирования грязевулканических ландшафтов.

LARGE-SCALE MAPPING OF DISTURBED VEGETATION OF YUZHNO-SAKHALINSKY MUD VOLCANO

K.A. Shvidskaya, A.V. Kopanina

Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS (Yuzhno-Sakhalinsk, Russia)

getrin89@mail.ru

The contemporary researches on the impact of mud volcano eruptions on vegetation is relatively sparse, with a notable absence of systematic studies addressing this specific phenomenon. The Yuzhno-Sakhalinsky Mud Volcano (YSMV), situated in the south of Sakhalin Island within the dark coniferous forests, represents a unique landscape marked by intermittent eruptive activity. The last significant eruption of the YSMV occurred in 2020, providing a valuable case study for examining the effects of mud volcano activity on vegetation. This study presents an analysis of the NDVI and SAVI derived from Sentinel-2 satellite imagery for the YSMV region over the period 2017–2021. By integrating phenological data of dominant species across different stages of the growing season, we delineated the boundaries of meadow and forest plant communities surrounding the volcanic eruption center. A comprehensive vegetation map of the YSMV was constructed, illustrating the spatial extent and intensity of vegetation disturbance resulting from the 2020 eruption. The SAVI index, which incorporates soil adjustment factors, proved to be particularly effective in delineating the boundaries of both disturbed and suppressed plant communities, offering enhanced accuracy compared to the NDVI. This approach will facilitate a more precise assessment of the ecological impacts of volcanic activity and contribute to the development of effective conservation and management strategies for these fragile ecosystems.

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ МНОГОМЕТОЧНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ И СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА ИЗМЕНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ НАЗЕМНОГО ПОКРОВА

В.И. Балун, С.М. Краснопеев

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН (Владивосток, Россия)

viktor147921@gmail.com

Алгоритмам анализа возможных изменений состояния наземного покрова в любой системе мониторинга, в том числе и системе космического мониторинга, отводится важная роль. В последние годы парадигму фиксации изменений практически полностью заменила парадигма мониторинга в реальном времени, в основе которой лежит идея о построении масок сегментации для всех снимков, покрывающих некую область интереса. Такой сдвиг, по большому счёту, стал возможным благодаря активно развивающимся методам машинного обучения.

В рамках настоящей работы были разработаны модели многометочной классификации и сегментации изображений на базе обучающего набора BigEarthNet-S2.

Приводятся результаты сравнения моделей семантической сегментации на основе архитектур U-net и Transformer, а также оценки эффективности данных моделей в задачах классификации наземного покрова территории Приморского края.

Мониторинг наземного покрова, наравне с такими задачами как поиск полезных ископаемых и их картографирование, обнаружение геохимических аномалий, идентификация геологических образцов и мониторинг землетрясений, играет существенную роль в решении задач геологии, например в литологии.

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF MULTILABEL CLASSIFICATION AND IMAGE SEGMENTATION MODELS FOR LAND COVER STATE MONITORING

V.I. Balun, S.M. Krasnopeev

Pacific Geographical Institute FEB RAS (Vladivostok, Russia)

viktor147921@gmail.com

Algorithms for analyzing possible changes in the state of the land cover play an important role in any monitoring system, including the space monitoring system. In recent years, the paradigm of change detection has been almost completely replaced by the paradigm of real-time monitoring, which is based on the idea of constructing segmentation masks for all images covering a certain area of interest. This shift has become possible for the most part due to the rapidly developing methods of machine learning.

In this research, multi-label classification and image segmentation models were developed and trained on the BigEarthNet-S2 dataset. The results of a comparison of semantic segmentation models based on the U-net and Transformer architectures are presented, as well as an assessment of the effectiveness of these models in land cover classification tasks on Primorsky Krai territory.

Land cover monitoring, along with mineral exploration and mapping, detection of geochemical anomalies, identification of geological samples and earthquake monitoring, plays a significant role in geology tasks, for example in lithology.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТИ LSTM ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗА КРИТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ F2 СЛОЯ ИОНОСФЕРЫ (F_oF₂) НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ОБСЕРВАТОРИИ ИЗМИРАН В КАРПОГОРАХ

Г.С. Филатов¹, А.М. Мёрзлый¹, И.А. Моисеев¹, О.В. Никифоров¹, В.Н. Шубин², В.М. Верецагина², И.А. Шагурин¹, А.Т. Янаков¹

¹Институт космических исследований РАН (Москва, Россия)

²Институт Земного Магнетизма, Ионосферы и Распространения Радиоволн РАН (Троицк, Россия)

fgs0907@yandex.ru

В докладе приведены результаты оперативного прогноза (1 час) критической частоты foF₂ для обсерватории ИЗМИРАН (Карпогоры), полученные с использованием нейросети LSTM (Long-Short Term Memory). Применены некоторые способы коррекции нейросети LSTM для улучшения качества прогноза. В рамках апробации метода прогноза на основе нейросети LSTM для Карпогор удалось добиться точности порядка 5–10%.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ Р-ВОЛНЫ В ДАННЫХ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ С ПОМОЩЬЮ ГЛУБОКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Р.А. Пащенко^{1,2}

¹Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (Москва, Россия)

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

r.pashhenko@mail.ru

В лабораторных экспериментах по акустической эмиссии (АЭ) фиксируются десятки тысяч одноканальных сигналов, и точное определение времени прихода Р-волны играет ключевую роль при локализации событий и анализе механики разрушения. Классические автоматические пикеры, например АИС, часто дают сбои на шумных записях и требуют трудоёмкой ручной доработки. В работе представлена адаптация современной глубокой нейронной сети, созданной на базе сейсмической архитектуры PhaseNet, к высокочастотным АЭ-данным. Полученная модель обучена на относительно небольшой выборке вручную размеченных форм и протестирована на независимых экспериментах. Уже при ограниченном объёме обучающих данных сеть уверенно превосходит АИС-пикер, значительно повышая надёжность детектирования и точность определения времени прихода; дальнейшее увеличение обучающего корпуса ещё усиливает её преимущества. На записях с низким отношением сигнал/шум нейросеть сохраняет устойчивость, тогда как классические методы быстро теряют работоспособность. Результаты показывают, что применение глубокого обучения позволяет превратить пикер АЭ-сигналов в полностью автоматический и надёжный инструмент, открывая путь к оперативной интерпретации высокоскоростных лабораторных экспериментов.

AUTOMATIC P-WAVE PICKING IN ACOUSTIC EMISSION DATA USING A DEEP NEURAL NETWORK

R.A. Pashchenko^{1,2}

¹Schmidt Institute of the Physics of the Earth RAS (Moscow, Russia)

²Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

r.pashhenko@mail.ru

In laboratory rock-mechanics experiments acoustic-emission (AE) monitoring produces tens of thousands of single-component waveforms whose accurate P-wave onset times are crucial for locating events and analysing source mechanics. Classical automatic pickers, such as the Akaike Information Criterion (AIC), often break down on noisy records and require laborious manual correction. We adapt a modern deep-learning architecture derived from the seismic PhaseNet U-Net to the AE context by tailoring it to high-frequency single-channel data. The resulting model, is trained on a modest set of manually annotated sandstone waveforms and validated on independent experiments. Even with limited training data the network already surpasses the AIC picker, markedly improving both detection reliability and timing precision; enlarging the training set further consolidates this advantage. The gains are most pronounced for records with low signal-to-noise ratio, where traditional methods quickly lose stability while the neural network remains robust. Our results demonstrate that deep learning can turn AE picking into a fully automatic and dependable step, paving the way for real-time interpretation of high-rate laboratory studies.

ЭФФЕКТЫ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

*Я.А. Сахаров¹, В.Н. Селиванов², В.А. Билин¹, Т.В. Аксенович², А.М. Мёрзлый³, А.Т. Янаков³,
А.М. Садовский³, А.А. Петрукович³*

¹Полярный геофизический институт (Мурманск, Россия)

²Центр физико-технический проблем энергетики Севера КНЦ РАН (Апатиты, Россия)

³Институт космических исследований РАН (Москва, Россия)

sakharov@pgia.ru

Вариации активности Солнца вызывают развитие возмущений в потоке солнечного ветра, который формирует магнитосферу Земли и определяет характер воздействия космических факторов на внутреннюю магнитосферу. Терминальной фазой цепи солнечно-земных связей является возмущение геомагнитного поля, генерация геоэлектрического поля, нарушение работы навигационных систем, возможное возбуждение геоиндуцированных токов (ГИТ) в электропроводящих технологических системах. Критически важным является опасность нарушений в работе систем передачи электроэнергии, работы систем железнодорожной автоматики, штатная работа трубопроводов. В докладе рассматриваются результаты регистрации ГИТ в линии электропередач «Карельский транзит» и обсуждаются проблемы защиты уязвимой инфраструктуры от воздействия факторов космической погоды.

SPACE WEATHER EFFECTS

*Ya.A. Sakharov¹, V.N. Selivanov², V.A. Bilin¹, T.V. Aksenovich², A.M. Merzly³, A.T. Yanakov³,
A.M. Sadovsky³, A.A. Petrukovich³*

¹Polar Geophysical Institute (Murmansk, Russia)

²Center for Physical and Technical Problems of Northern Energy (Apatity, Russia)

³Space Research Institute RAS (Moscow, Russia)

Variations in solar activity cause disturbances in the solar wind flow, which forms the Earth's magnetosphere and determines the nature of the impact of cosmic factors on the inner magnetosphere. The terminal phase of the solar-terrestrial connection chain is disturbance of the geomagnetic field, generation of the geoelectric field, disruption of navigation systems, and possible excitation of geo-induced currents (GIC) in electrically conductive technological systems. The danger of disruptions in the operation of power transmission systems, the operation of railway automation systems, and the normal operation of pipelines are critically important. The report examines the results of GIC registration in the Karelian Transit power transmission line and discusses the problems of protecting vulnerable infrastructure from the impact of space weather factors.

АДАПТАЦИЯ ВДОЛЬТРЕКОВЫХ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЧЁРНОГО МОРЯ

A.B. Sakhno¹, S.A. Lebedev^{1,2,3,4}

¹Московский институт электронной техники (Москва, Россия)

²Институт вычислительной математики имени Г.И. Марчука РАН (Москва, Россия)

³Геофизический центр РАН (Москва, Россия)

⁴Майкопский государственный технологический университет (Майкоп, Россия)

a_v_sakhno@mail.ru

В работе представлен метод адаптации вдольтрековых данных спутниковой альтиметрии в гидродинамической модели Чёрного моря INMOM. В методе используются: интерполяция модельного уровня, фильтрация вдольтрековых данных наблюдений, аппроксимация и учет радиальной составляющей орбитальной ошибки, гидродинамическая адаптация. Первой особенностью методологии является согласованность прогностических переменных в гидродинамической модели в процессе адаптации, вторая особенность – это использование данных наблюдений без предварительной обработки и экстраполяции на сетку, что позволяет минимизировать ошибки. При численном моделировании был определен оптимальный период адаптации, сравнение данных наблюдений с модельным решением показало эффективность предложенного метода.

Исследования проведены при поддержке Российского научного фонда, проект № 19-71-20035 «Информационно – вычислительная система вариационной ассимиляции данных наблюдений «ИВМ РАН – Черное море» и её интеграция с программно-аппаратным комплексом ЦКП «ИКИ – Мониторинг»» (Руководитель В.И. Агошков).

ADAPTATION ALONG-TRACK REMOTE SENSING DATA IN THE HYDRODYNAMIC MODEL OF THE BLACK SEA

A.V. Sakhno¹, S.A. Lebedev^{1,2,3,4}

¹National Research University of Electronic Technology (Moscow, Russia)

²Marchuk Institute of Numerical Mathematics RAS (Moscow, Russia)

³Geophysical Center RAS (Moscow, Russia)

⁴Maykop State Technological University (Maykop, Russia)

a_v_sakhno@mail.ru

The paper presents a method for adapting long-range satellite altimetry data to the INMOM hydrodynamic model of the Black Sea. The method uses: model-level interpolation, filtering of long-range observational data, approximation and accounting for the radial component of the orbital error, and hydrodynamic adaptation. The first feature of the methodology is the consistency of predictive variables in the hydrodynamic model during adaptation, the second feature is the use of observational data without preprocessing and extrapolation to the grid, which minimizes errors. During numerical modeling, the optimal adaptation period was determined, and a comparison of the observational data with the model solution showed the effectiveness of the proposed method.

The research was carried out with the support of the Russian Science Foundation, project No. 19-71-20035 "Informational Computational System for Variational Data Assimilation "INM RAS - Black Sea" and its integration with the hardware-software complex of the CKP "IKI-Monitoring" (Head V.I. Agoshkov).

ОБНАРУЖЕНИЕ КОВУЛКАНИЧЕСКИХ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ИОНОСФЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО И ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

А.С. Тен¹, А.А. Сорокин¹, Н.В. Шестаков^{2,3}

¹Вычислительный центр ДВО РАН (Хабаровск, Россия)

²Институт прикладной математики ДВО РАН (Владивосток, Россия)

³Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Россия)

alexander.s.ten@yandex.ru

Представлены результаты разработки алгоритма для поиска ковулканических ионосферных возмущений во временных рядах полного электронного содержания ионосферы по данным ГНСС. Алгоритм основан на бинарной классификации временных рядов. В качестве классификатора рассматриваются модели классического машинного обучения (случайный лес, алгоритм градиентного бустинга) и нейронные сети (FCN, InceptionTime). Для обучения моделей использовались данные ГНСС по извержению вулкана Сарычева за период с 14 по 16 июня 2009 года. Обученные модели достигают высоких значений метрик качества классификации – коэффициента корреляции Мэттьюса (MCC) – выше 0.70 на обучающей выборке и выше 0.80 на отложенных тестовых выборках. Тестирование алгоритма на данных других извержений (вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай в 2022 г. и вулкана Кальбуко в 2015 г.) также подтверждает высокую точность обнаружения возмущений.

Результаты работы могут быть использованы в исследованиях извержений вулканов, в том числе системах оперативного мониторинга.

IDENTIFICATION OF COVOLCANIC IONOSPHERIC DISTURBANCES IN IONOSPHERIC TOTAL ELECTRON CONTENT TIME SERIES USING MACHINE AND DEEP LEARNING METHODS

A.S. Ten¹, A.A. Sorokin¹, N.V. Shestakov^{2,3}

¹Computing Center FEB RAS (Khabarovsk, Russia)

²Institute of Applied Mathematics FEB RAS (Vladivostok, Russia)

³Far Eastern State University (Vladivostok, Russia)

alexander.s.ten@yandex.ru

The results of the development of an algorithm for detecting covolcanic ionospheric disturbances in total electron content (TEC) time series derived from GNSS data are presented. The algorithm is based on binary classification of time series. As classifiers, both classical machine learning models (random forest, gradient boosting) and neural networks (FCN, InceptionTime) are considered. The models were trained on GNSS data from the eruption of Sarychev volcano during the period from 14 to 16 June 2009. The trained models achieve high classification performance metrics — Matthews correlation coefficient (MCC) exceeding 0.70 on the training set and above 0.80 on held-out test sets. Testing the algorithm on data from other eruptions (Hunga Tonga–Hunga Ha‘apai volcano in 2022 and Calbuco volcano in 2015) also confirms the high accuracy of disturbance detection.

The results of this work can be applied in volcanic eruption research, including operational monitoring systems

СИСТЕМА НАУЧНОЙ ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ОБ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОТОКА ЭНЕРГИИ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА В ИОНОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

И.А. Шагурин¹, В.Ю. Попов^{1,2,3}, О.В. Никифоров¹, И.А. Уваров¹

¹Институт космических исследований РАН (Москва, Россия)

²НИУ Высшая школа экономики (Москва, Россия)

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

iashagurin@mail.ru

В докладе приводится описание функциональных возможностей и программной архитектуры веб-приложения для визуализации данных об интенсивности потока энергии электронов и протонов в ионосфере Земли. Источником данных является система Ovation Prime. С помощью разработанной программы можно дополнительно отображать границу аврорального овала, облачность, ночную Зону на трехмерном глобусе.

В основе работы приложения лежит технология браузерной 3D-графики WebGL. В работе так же приводится описание запланированных оптимизаций для повышения производительности программы.

Веб-приложение прошло процедуру государственной регистрации.

SCIENTIFIC SESSION

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ:
СОВРЕМЕННЫЕ
ЦИФРОВЫЕ
ИНСТРУМЕНТЫ
СБОРА, ИНТЕГРАЦИИ
И ОБРАБОТКИ
ДАННЫХ ДЛЯ НАУК О
ЗЕМЛЕ**

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕОПРИВЯЗКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С БПЛА

А.И. Алексанин^{1,2}, М.Г. Алексанина^{1,2}, В.Д. Блохина², Б.А. Грузков²

¹Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН (Владивосток, Россия)

²Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Россия)

aleks@iacp.dvo.ru

В представляемой работе оценивается точность геопривязки изображений БПЛА, которая осуществляется по бесшовному покрытию Роскосмоса, созданному по спутниковым изображениям высокого пространственного разрешения. Геопривязка изображений базируется на автоматическом поиске района съемки с БПЛА на спутниковом изображении. После чего, изображение БПЛА поворачивается и масштабируется. Далее производится трансформация изображения БПЛА в формат географически привязанного спутникового изображения. Тестирования подхода показало, что хорошее качество совмещения изображений БПЛА со спутниковыми изображениями получается при совпадении сезонов съемки БПЛА и спутника. Туман и пасмурная погода ухудшает результат совмещения. Тестирование точности геопривязки перекрывающихся изображений БПЛА показывает, что на объектах инженерной инфраструктуры относительная точность близка к пространственному разрешению бесшовного покрытия Роскосмоса, а на природных объектах может колебаться вплоть до 10м. Значительное различие изображений со спутников и БПЛА (разные сезоны, погодные условия, различие во времени в несколько лет) часто не позволяет совмещать изображения с высокой точностью, но позволяет определять положение БПЛА в пространстве при отсутствии у него работающего навигационного оборудования.

QUALITY ASSESSMENT OF AUTOMATIC GEOREFERENCE OF IMAGES FROM UAVS

A.I. Aleksanin^{1,2}, M.G. Aleksanina^{1,2}, V.D. Blokhina², B.A. Gruzkov²

¹Institute of Automation and Control Processes FEB RAS (Vladivostok, Russia)

²Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russia)

aleks@iacp.dvo.ru

The presented work evaluates the accuracy of geolocation of UAV images, which is carried out using a seamless Roscosmos coating created from high-resolution satellite images. Geolocation of images is based on the automatic search of the area of shooting from the UAV on the satellite image. After that, the UAV image is rotated and scaled. Next, the UAV image is transformed into a geographically linked satellite image format. Testing of the approach showed that a good quality of combining UAV images with satellite images is obtained when the seasons of UAV and satellite shooting coincide. Fog and cloudy weather worsen the result of the combination. Testing the accuracy of geolocation of overlapping UAV images shows that at engineering infrastructure facilities the relative accuracy is close to the spatial resolution of the Roscosmos seamless coating, and at natural sites it can range up to 10m. The significant difference between satellite and UAV images (different seasons, weather conditions, time differences of several years) often does not allow combining images with high accuracy, but it allows you to determine the position of the UAV in space in the absence of working navigation equipment.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ВЫСОКОТОЧНАЯ ОБРАБОТКА БОЛЬШИХ ПОТОКОВ ДАННЫХ В ОТЕЧЕСТВЕННОМ СЕГМЕНТЕ ДЗЗ

*Е.Н. Боровенский, Д.И. Федоткин, Д.В. Сысенко, А.В. Ядыкин, Д.Н. Голубев, Г.М. Баян,
М.В. Песоцкий, Д.Ю. Метт*

Научно-исследовательский институт точных приборов (Москва, Россия)

iprs@mail.ru

В 2018 г. в РФ силами специалистов с 25-ти летним опытом создания комплексов обработки для полусотни космических аппаратов (КА) оптико-электронного и радиолокационного дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) впервые разработана технология автоматической потоковой обработки информации (АПОИ) с полностью автоматическим (без участия человека) циклом получения готовой высокоточной продукции ДЗЗ от уровня «сырого сигнала» и производительностью миллионы квадратных километров в сутки. Созданный на базе этой технологии и находящийся в эксплуатации Оператора космических систем ДЗЗ комплекс АПОИ по всем показателям (качество, точность, оперативность, производительность и др.) на порядок превосходит отечественные автоматизированные (с участием человека) комплексы обработки и соответствует лучшим современным зарубежным практикам.

На сегодняшний день АПОИ является унифицированным (под разные КА) и наиболее технологически совершенным комплексом первичной и стандартной обработки во всей отрасли ДЗЗ РФ. Отечественных аналогов данной технологии на сегодняшний день нет. Время на создание полного цикла обработки данных с новых КА сократилось с нескольких лет до нескольких месяцев. На базе комплекса АПОИ более 4-х лет успешно функционирует Федеральный фонд данных ДЗЗ (ФФД ДЗЗ) Роскосмоса и обеспечивает автоматическую обработку заявок потребителей РФ, выдавая им продукцию высокого качества стандартных Уровней обработки 1 и 2. АПОИ позволил сократить время обработки с часов/суток до минут. Благодаря высокому качеству обработки АПОИ стало возможно создание новых видов продукции ДЗЗ и тематических сервисов для потребителей по данным с отечественных КА ДЗЗ.

Основные технические решения технологии АПОИ:

- 100% автоматическая потоковая обработка (от приема сигнала с КА до отгрузки продукции потребителям);
- единый комплекс обработки для данных с различных КА (вся группировка ДЗЗ);
- унификация и стандартизация процессов, алгоритмов, продуктов, форматов, метаданных;
- высокопроизводительные параллельные и распределенные (кластерные) вычисления;
- использование строгих математических моделей, что позволило устранять первопричины ошибок, а не их последствия;
- сквозной автоматический контроль качества на всех этапах обработки;
- адаптивные алгоритмы (включая нейросетевые), нивелирующие погрешности работы бортовых систем.

В 2024 г. впервые в РФ (на базе АПОИ) создан комплекс автоматической обработки и хранения данных информационной системы “Цифровая Земля” (ИС ЦЗ), обеспечивающий полный цикл работы с данными ДЗЗ, в том числе производную обработку до Уровня 3, включая создание высокоточных бесшовных сплошных покрытий (ортомозаик) по данным ДЗЗ в автоматическом режиме.

На сегодняшний день технология АПОИ и ИС ЦЗ обеспечивают:

- 100% автоматическую обработку (не требуются операторы);
- 100% масштабируемость (под любое количество КА);

- 100% портируемость (переносимость) в облако ЦОД;
- скорость обработки: десятки гигабайт в минуту;
- производительность: миллионы кв. км. в сутки;
- точность геопривязки продуктов ДЗЗ: единицы метров (1-2 пикселя);
- оперативность обработки одного сеанса сброса: менее 1 часа.

Представленная технология, реализованная в рассмотренных комплексах отечественного наземного сегмента ДЗЗ, единственная на сегодня в РФ, способная обеспечить потоковую обработку больших объёмов информации с многоспутниковых группировок (с сотнями космических аппаратов на орбите).

AUTOMATIC HIGH-PRECISION PROCESSING OF LARGE DATA STREAMS IN THE DOMESTIC REMOTE SENSING OF EARTH SEGMENT

D.I. Fedotkin, D.V. Sysenko, E.N. Borovenkiy, A.V. Yadykin, D.N. Golubev, G.M. Balyan, M.V. Pesotskiy, D.U. Mett

Scientific research institute of precision instruments (Moscow, Russia)

iprs@mail.ru

In 2018, in the Russian Federation, specialists with 25 years of experience in creating processing complexes for fifty spacecraft of optoelectronic and radar remote sensing of the Earth for the first time developed a technology for automatic streaming data processing (ASDP) with a fully automatic (without human intervention) cycle for obtaining finished high-precision remote sensing products from the level a "raw signal" and a capacity of millions of square kilometers per day. The ASDP complex, created on the basis of this technology and operated by the Operator of remote sensing space systems, surpasses domestic automated (with human participation) processing complexes by an order of quantity in all parameters (quality, accuracy, efficiency, productivity, etc.) and corresponds to the best modern foreign practices.

Today, ASDP is a unified (for different spacecraft) and the most technologically advanced complex of primary and standard processing in the entire remote sensing industry of the Russian Federation. There are currently no domestic analogues of this technology. The time to create a complete data processing cycle from new spacecraft has been reduced from several years to several months. The Federal Remote Sensing Data Fund of Roscosmos has been successfully operating on the basis of the ASDP complex for more than 4 years and provides automatic processing of applications from consumers of the Russian Federation, providing them high-quality products of standard processing Levels 1 and 2. ASDP allowed us to reduce the processing time from hours/days to minutes. Due to the high quality of ASDP processing, it became possible to create new types of remote sensing products and thematic services for consumers based on data from domestic remote sensing systems.

The main technical solutions of ASDP technology:

- 100% automatic streaming data processing (from receiving a signal from a spacecraft to delivery products to consumers);
- a single processing complex for data from various spacecraft (the entire remote sensing grouping);
- unification and standardization of processes, algorithms, products, formats, metadata;
- high-performance parallel and distributed (cluster) computing;
- the use of rigorous mathematical models, which made it possible to eliminate the root causes of errors rather than their consequences;
- end-to-end automatic quality control at all stages of processing;
- adaptive algorithms (including neural network algorithms) that compensate for errors in the operation of on-board systems.

In 2024, for the first time in the Russian Federation (based on the ASDP), a complex for automatic data processing and storage of the information system "Digital Earth" was created, providing a full cycle of processing with remote sensing data, including derivative processing up to Level 3, including the creation of high-precision seamless continuous coatings (orthomosaic) based on remote sensing data in automatic mode.

At the moment, ASDP and information system "Digital Earth" technology provide:

- 100% automatic processing (no operators required);
- 100% scalability (for any number of spacecraft);
- 100% portability (transferability) to the data center cloud;
- processing speed: tens of gigabytes per minute;
- productivity: millions of square kilometers per day;
- accuracy of geolocation of remote sensing products: units of meters (1-2 pixels);
- speed of processing of one receiving session: less than 1 hour.

The presented technology, implemented in the considered complexes of the domestic ground-based remote sensing segment, is the only one in the Russian Federation today capable of providing streaming processing of large amounts of information from multi-satellite groupings (with hundreds of spacecrafts in orbit).

СЕРВИС ОБРАБОТКИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ИИ АГЕНТОВ

А.А. Загумёнов^{1,2,3}

¹Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН (Владивосток, Россия)

²Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Россия)

³Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН (Москва, Россия)

zagumennov.aa@dvfu.ru

Работа посвящена разработке сервиса обработки геопространственных данных на основе агентов искусственного интеллекта для решения исследовательских задач в науках о Земле. Обработка геопространственных данных: спутниковые снимки, карты, снимки с беспилотных авиационных систем, географически привязанные количественные данные – является важным этапом для решения ряда исследовательских задач, в частности, в области геологии. Эффективная работа с геопространственными данными требует наличия ряда компетенций и значительного опыта в этой области, что накладывает дополнительные ограничения при проведении исследований. Создаваемый сервис нацелен на устранение этого барьера через решение типовых задач в области обработки геопространственных данных на основе агентов искусственного интеллекта: поиска данных, их обработки и визуализации. Сервис реализован в формате веб-приложения с картографическим интерфейсом для отображения данных со встроенным чат-ботом для постановки задачи и корректировки результатов пользователем. Взаимодействие с сервисом происходит на естественном языке в терминах пользователя и через картографический интерфейс при необходимости. Система на основе ИИ агентов позволяет понимать запросы пользователя, планировать и выполнять необходимые действия, задавать уточняющие вопросы и корректировать результат. Сервис имеет модульную структуру, предусматривающую возможность расширения доступных источников данных, инструментов, баз данных, типовых задач и сценариев работы.

GEOSPATIAL DATA PROCESSING SERVICE BASED ON AI AGENTS

A.A. Zagumennov^{1,2,3}

¹Institute of Automation and Control Processes FEB RAS (Vladivostok, Russia)

²Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russia)

³Vernadsky State Geological Museum of RAS (Moscow, Russia)

zagumennov.aa@dvfu.ru

The work is devoted to the development of a geospatial data processing service based on artificial intelligence agents for solving research problems in the Earth sciences. Processing geospatial data, such as satellite images, maps, images from aerial systems and geographically referenced quantitative data, is an important stage in solving research problems, for example, in the field of geology. Effective work with geospatial data requires certain competencies and significant experience in this field, which imposes additional restrictions on research. The created service is aimed at eliminating this barrier by solving typical problems in the field of geospatial data processing based on artificial intelligence agents: data search, processing and visualization. The service is implemented as a web application with a cartographic interface for displaying data with a built-in chatbot for setting a task and adjusting the results by the user. Interaction with the service occurs in natural language in user terms and through the cartographic interface if necessary. The system based on AI agents allows you to understand user requests, plan and perform the necessary actions, ask clarifying questions and adjust the result. The service has a modular structure, which provides the ability to expand available data sources, tools, databases, typical tasks and work scenarios.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ АЭРОФОТОСЪЕМКИ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

A.A. Кадочников

Институт вычислительного моделирования СО РАН (Красноярск, Россия)

scorant@icm.krasn.ru

Сегодня данные дистанционного зондирования Земли позволяют выполнять мониторинг больших территорий с высокой точностью и на регулярной основе. В совокупности с данными аэрофотосъемки обеспечивают пользователей широким набором возможностей для мониторинга окружающей среды и управления ресурсами с использованием современных методов и технологий. Спутниковые данные и данные аэрофотосъемки позволяют анализировать состояние атмосферы, почвы и растительности, геологические особенности, являются важным инструментом в сельском хозяйстве. В работе рассматривается технология, позволяющая быстро визуализировать с помощью стандартного веб-браузера спутниковые данные и данные аэрофотосъемки с БПЛА большого размера без существенной нагрузки на серверную инфраструктуру. Предложенная технология использует для публикации данные в формате Cloud Optimized GeoTIFF (COG). COG представляет собой обычный многоканальный растровый файл в формате GeoTIFF, размещенный на файловом веб-сервере.

TECHNOLOGY FOR PREPARATION AND PRESENTATION OF SATELLITE AND AERIAL PHOTOGRAPHY DATA FOR ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEMS

A.A. Kadochnikov

Institute of Computational Modelling SB RAS (Krasnoyarsk, Russia)

scorant@icm.krasn.ru

Today, Earth remote sensing data allows monitoring large areas with high accuracy and on a regular basis. Together with aerial photography data, they provide users with a wide range of opportunities for environmental monitoring and resource management using modern methods and technologies. Satellite data and aerial photography data allow analyzing the state of the atmosphere, soil and vegetation, geological features, and are an important tool in agriculture. The paper discusses a technology that allows for quick visualization of satellite data and aerial photography data from large UAVs using a standard web browser without significant load on the server infrastructure. The proposed technology uses data in the Cloud Optimized GeoTIFF (COG) format for publication. COG is a regular multi-channel raster file in GeoTIFF format, hosted on a file web server.

НЕРЕЛЯЦИОННЫЙ ПОДХОД К ХРАНЕНИЮ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Н.А. Кубасов

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (Москва, Россия)

kua18@inbox.ru

В настоящей работе обзревается, набирающие популярность, не реляционные методы хранения данных. Основной фокус направлен на преимущества No-SQL базы данных «Cassandra». «Cassandra» — это популярная колоночная база данных, оптимизированная для обработки больших объемов данных на множестве серверов. Актуальность обуславливается не совершенством реляционных методов, поэтому в работе происходит сравнение классического и колоночного подхода к накоплению данных. Далее рассматривается подход к проектированию такого хранилища, с учетом специфики геологических данных. Составлен план миграции из PostgreSQL по средствам ETL (Extract Transform Load) процессов. Произведена оценка эффективности внедряемого решения, выраженная в сокращении необходимых вычислительных мощностей для обработки информации.

NOSQL APPROACH TO PRESERVE GEOLOGICAL DATA

N.A. Kubasov

National Research Nuclear University MEPhI (Moscow, Russia)

kua18@inbox.ru

In this article, non-relational data storage methods that are gaining popularity are reviewed. The main focus is on the advantages of the Cassandra No-SQL database. Cassandra is a popular column database optimized for processing large amounts of data on multiple servers. The relevance is due to the imperfection of relational methods, therefore, the work compares the classical and columnar approaches to data accumulation. Next, an approach to the design of such a repository is considered, taking into account the specifics of geological data. A migration plan has been drawn up from PostgreSQL using ETL (Extract Transform Load) processes. The effectiveness of the implemented solution was evaluated, expressed in reducing the necessary computing power for information processing.

The developed integrated model has been tested on the one of the unique oil fields real data and can be used for adjusting well operation mode express decision-making.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ

М.А. Корекина¹, А.Н. Савичев¹, А.П. Жабоедов², К.В. Игуменцев³

¹Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН
(Миасс, Россия)

²Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (Иркутск, Россия)

³Южно-Уральский государственный университет (Челябинск, Россия)

imaria@mineralogy.ru

Цифровые технологии играют важную роль в процессе переработки природного сырья, в том числе и при обогащении кварца, кардинально меняя подходы к максимально полному извлечению ценного продукта. Благодаря внедрению передовых цифровых решений в процессы технологического передела наблюдается стремительный рост производительности, улучшение качества конечного продукта. Выбор конкретной технологии напрямую зависит от структурно-технологических параметров кварца, определяемых условиями его образования, а также от требуемого уровня чистоты конечного продукта. Среди наиболее перспективных технологий, используемых в обогащении кварца, можно выделить фотометрическую сепарацию, лазерное сканирование и плазмохимическую очистку. Все они основаны на сочетании электронных вычислений, мгновенном преобразовании данных в режиме реального времени, обеспечивая мгновенную обратную связь и автоматическую регулировку параметров. Большим плюсом является быстрая адаптивность цифровых технологий позволяющая оптимизировать процессы обогащения под специфические особенности каждого конкретного месторождения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда и Челябинской области в рамках научного проекта № 25-27-20047.

DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF PROCESSING NATURAL RAW MATERIALS

M.A. Korekina¹, A.N. Savichev¹, A.P. Zhaboedov², K.V. Igumentsev³

¹Federal State Budgetary Scientific Institution South Ural Federal Scientific Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS (Miass, Russia)

²A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS (Irkutsk, Russia)

³South Ural State University (Chelyabinsk, Russia)

imaria@mineralogy.ru

Digital technologies play an important role in the processing of natural raw materials, including quartz processing, radically changing approaches to the fullest possible extraction of a valuable product. Thanks to the introduction of advanced digital solutions into the processes of technological transformation, there is a rapid increase in productivity and an improvement in the quality of the final product. The choice of a specific technology directly depends on the structural and technological parameters of quartz, determined by the conditions of its formation, as well as on the required level of purity of the final product. Photometric separation, laser scanning, and plasma chemical purification are among the most promising technologies used in quartz

enrichment. All of them are based on a combination of electronic computing, instant data conversion in real time, providing instant feedback and automatic parameter adjustment. A big advantage is the rapid adaptability of digital technologies, which allows for wholesale

The research was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation and the Chelyabinsk region as part of the scientific project № 25-27-20047.

SCIENTIFIC SESSION

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ:
СОВРЕМЕННЫЕ
ЦИФРОВЫЕ
СИСТЕМЫ
ПОПУЛЯРИЗАЦИИ
НАУК О ЗЕМЛЕ**

НАУЧНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В МЕТАВСЕЛЕННОЙ: ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ ГЕОЛОГИИ

А.О. Госькова¹, А.С. Еременко^{1,2,3}

¹Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Россия)

²Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН (Владивосток, Россия)

³Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН (Москва, Россия)

goskovaantonina@gmail.com

Современное образование в области геологии сталкивается с рядом вызовов: сложные для восприятия материалы, снижение интереса к фундаментальным наукам, нехватка интерактивных форм обучения. Ответом на данные вызовы авторы видят разработку концепта и прототипа научно-образовательной метавселенной, объединяющей элементы геймификации, симуляции и социального взаимодействия. В качестве базового информационного наполнения прототипа метавселенной закладываются имеющиеся у авторов наработки по популяризации геологии (портал “История Земли: геологический ракурс”, разработанный для Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского), а также научные ресурсы, направленные на популярное изложение знаний о геологии Земли. Ключевая идея проекта – создание виртуального пространства, где пользователи смогут исследовать эпохи истории Земли, взаимодействовать друг с другом, участвовать в мероприятиях и обустраивать собственные выставки, выступая соавторами метавселенной. Авторы работы также видят перспективу в использовании технологий ИИ в роли виртуальных ассистентов, обученных на базе геологических знаний. Такие помощники будут сопровождать пользователя в метавселенной, помогая в навигации и освоении материала. Проект предлагает не только новый инструмент популяризации науки, но и альтернативу коммерческим метавселенным, ориентированным на развлечения и цифровые рынки. Авторы работы делают акцент на доступности и ценности знаний, создавая виртуальное пространство для академического диалога, научного сотрудничества и интерактивного обучения.

SCIENTIFIC COLLABORATION INSIDE THE METAVERSE: DESIGNING AN EDUCATIONAL SPACE FOR THE POPULARIZATION OF GEOLOGY

A.O. Goskova¹, A.S. Eremenko^{1,2,3}

¹Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russia)

²Institute of Automation and Control Processes FEB RAS (Vladivostok, Russia)

³Vernadsky State Geological Museum RAS (Moscow, Russia)

goskovaantonina@gmail.com

Modern geology education faces a number of challenges: difficulty in understanding the materials, a decline in student interest in fundamental sciences, and a lack of interactive learning formats. In response to these issues, the authors propose the development of a concept and prototype for a scientific and educational metaverse, which combines gamification, simulation, and social interaction. The metaverse prototype is based on existing popular science developments by the authors (the “Earth’s History: A Geological Perspective” portal created for the Vernadsky State Geological Museum), as well as other scientific resources aimed at accessible presentation of geological knowledge. The core idea of the project is to create a virtual environment where users can explore geological eras, interact with each other, participate in events, and curate their

own exhibitions, becoming co-creators of the metaverse. The authors also see promise in using AI technologies in the form of virtual assistants trained on geological data. These assistants will support users in navigating the virtual world and engaging with its educational content. The project offers not only a new tool for science popularization but also an alternative to commercial metaverse concepts focused primarily on entertainment and digital markets. The authors emphasize accessibility and the value of knowledge, building a virtual space for academic dialogue, scientific collaboration, and interactive learning.

КОМПЛЕКС ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ КАК СРЕДСТВО ПОПУЛЯРИЗАЦИИ ЗНАНИЙ О ВОДНЫХ РЕСУРСАХ КУРИЛО-КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА

А.А. Долгая, Е.Г. Калачева

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский, Россия)

adolgaya@kscnet.ru

Полуостров Камчатка и Курильские острова характеризуются большим разнообразием по физико-химическим параметрам и химическому составу гидрологических объектов, что в значительной степени обусловлено активной вулканической деятельностью в регионе. Все водные ресурсы можно условно разделить на фоновые поверхностные (реки и озера) и термоминеральные (источники с повышенной относительно фона температурой и минерализацией). В Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН в результате многолетних исследований был накоплен большой фактический материал о водных ресурсах Курило-Камчатского региона, который может быть интересен не только специалистам-гидрогеологам, но и широкому кругу пользователей. Для обеспечения доступа к данным с помощью комплексных решений компании NextGIS были созданы две геоинформационные системы (ГИС): «Термоминеральные воды Курило-Камчатского региона» и «Эколого-геохимическая характеристика поверхностных вод Курило-Камчатского региона». Обе системы доступны в сети Интернет (kamkursprings.nextgis.com). ГИС формируют единый комплекс, имея схожую структуру и общие базовые слои. Данные о пунктах мониторинга поверхностных вод и термоминеральных источниках помимо геохимических параметров включают в себя описательную часть и обширный фотографический материал, что делает эти сведения полезными для различных категорий пользователей, интересующихся разными аспектами изучения и использования водных ресурсов региона, например, в качестве объектов туристического интереса.

COMPLEX OF GEOINFORMATION SYSTEMS AS A MEANS OF POPULARIZATION OF KNOWLEDGE ABOUT WATER RESOURCES OF THE KURIL-KAMCHATKA REGION

A.A. Dolgaya, E.G. Kalacheva

Institute of volcanology and seismology FEB RAS (Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia)

adolgaya@kscnet.ru

Kamchatka Peninsula and the Kuril Islands are characterized by a great diversity of physicochemical parameters and chemical composition of hydrological objects, which is largely due to active volcanic activity in the region. All water resources can be divided into background surface (rivers and lakes) and thermomineral (springs with high temperature and mineralization relative to the background). As a result of long-term research, the Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS has accumulated a large amount of factual material on the water resources

of the Kuril-Kamchatka region, which may be of interest not only to hydrogeologists, but also to a wide range of users. To provide access to data using integrated solutions from NextGIS, two geographic information systems (GIS) were created: "Thermomineral waters of the Kuril-Kamchatka region" and "Ecological and geochemical characteristics of surface waters of the Kuril-Kamchatka region". Both systems are available on the Internet (kamkursprings.nextgis.com). GIS form a single complex, having a similar structure and common base layers. Data on monitoring points of surface waters and thermal mineral springs, in addition to geochemical parameters, include a descriptive part and extensive photographic material, which makes this information useful for various categories of users interested in various aspects of studying and using water resources of the region, for example, as objects of tourist interest.

МЕТОДЫ ПОИСКА И ПОПУЛЯРИЗАЦИИ НОВЫХ И АРХИВНЫХ ПОЛНОТЕКСТОВЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТАТЕЙ

С.В. Синявина¹, Н.А. Мазов^{2,3}, В.Н. Гуреев^{2,3}

¹Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II (Санкт-Петербург, Россия)

²Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск, Россия)

³Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН (Новосибирск, Россия)

ssv.1207@yandex.ru

Результаты современных научных геологических достижений, также как и публикации ученых СССР, имеющие мировое признание, лишь фрагментарно доступны сегодня для широкой аудитории читателей.

В погоне за рейтинговыми показателями ученые используют лишь ограниченный объем существующих данных из привычных баз или журналов. В недостатке времени мало времени уделяется архивам отдельных журнальных сайтов, новых или малоизвестных баз и библиотек. Многое объясняется также тем, что сами издатели мало занимаются продвижением опубликованного материала: отсутствия кадрового потенциала, финансового обеспечения, дефицита российских платформенных и облачных решений и, наконец, в ряде случаев непонимания значимости полнотекстовых архивов. Однако отдельные издательства и ЭБС, наоборот, прикладывают усилия для популяризации научных знаний.

По работе с архивами двух журналов из области наук о Земле: «Записки Горного института» (118 лет) и «Геология и геофизика» (65 лет) можно увидеть пример сохранения научного наследия. За основу работы с архивами взята важность продвижения полных текстов статей как результатов текущих исследований, так и возможность работать ученым с архивными данными (отражено в статье докладчиков: EDN YAEWUR (переводная версия: <https://doi.org/10.3103/S0147688224700655>)).

Также большое значение имеет самостоятельное продвижение авторами опубликованных результатов своих геологических исследований посредством иностранных и российских ЭБС, БД, ресурсов для ученых, коммуникацией с журналами, коллегами, научно-популярными журналистами и прочими современными цифровыми системами и приемами.

METHODS FOR SEARCHING AND POPULARIZING NEW AND ARCHIVED FULL-TEXT TEXTS GEOLOGICAL ARTICLES

S.V. Sinyavina¹, N.A. Mazov^{2,3}, V.N. Gureyev^{2,3}

¹Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University (St. Petersburg, Russia)

²Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (Novosibirsk, Russia)

³State Public Scientific Technological Library SB RAS (Novosibirsk, Russia)

ssv.1207@yandex.ru

The results of modern scientific geological achievements, as well as publications of scientists of the USSR, which have world recognition, are only fragmentary available today for a wide audience of readers.

In the pursuit of rating indicators, scientists use only a limited amount of existing data from familiar databases or journals. Due to lack of time, little time is devoted to the archives of individual journals sites, new or little-known databases and libraries. Much can also be explained by the fact that publishers themselves do little to promote the published material: lack of human resources, lack of financial support, lack of Russian platform and cloud solutions, and, finally, in some cases, lack of understanding of the importance of full-text archives. However, individual publishers and EBS, on the contrary, make efforts to popularize scientific knowledge.

When working with the archives of two journals in the field of Earth sciences: "Journal of Mining Institute" (118 years old) and "Russian Geology & Geophysics" (65 years old), you can see an example of preserving the scientific heritage. The work with archives is based on the importance of promoting full texts of articles, both the results of current research, and the ability of scientists to work with archival data (reflected in the article of the speakers: EDN YAEWUR (translated version: <https://doi.org/10.3103/S0147688224700655>)).

Also of great importance is the independent promotion of the published results of their geological research by authors through foreign and Russian EBS, databases, resources for scientists, communication with journals, colleagues, popular science journalists, and other modern digital systems and techniques.

СОХРАНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ, НА ПРИМЕРЕ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.В. Сукманова, Н.С. Белов, Г.С. Михневич, У.А. Пряхина

Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта (Калининград, Россия)

tanja.sukmanova@yandex.ru

Геологические памятники представляют собой уникальные природные объекты, обладающие значимым научным, историческим и образовательным значением. В условиях возрастающего антропогенного воздействия и динамичных природных процессов их сохранение становится приоритетной задачей в сфере охраны окружающей среды и культурного наследия. Особую актуальность данная проблематика приобретает для прибрежных территорий, где геологические образования интенсивно разрушаются вследствие эрозии, абразии и хозяйственной деятельности. Одним из перспективных направлений в обеспечении эффективной охраны и мониторинга геологических объектов является применение современных геоинформационных технологий. В частности, SLAM-сканирование позволяет оперативно создавать детализированные трёхмерные модели местности. Такой подход обеспечивает возможность точного документирования текущего состояния объектов, выявления их изменений во времени с последующим

прогнозированием дальнейшей динамики, а также разработки комплекса мер по охране, восстановлению или консервации. Настоящее исследование посвящено изучению возможностей использования мобильного 3D-лидарного сканера LiGrip H300 для создания высокоточных пространственных моделей геологических памятников. Исследования проводились на территории Земли Кранта — уникального природного комплекса, расположенного в посёлке Приморье Калининградской области, в пределах Филинской бухты. "Земля Кранта" представляет собой древние морские отложения палеогенового возраста (поздний эоцен, около 34 млн лет), богатые окаменелостями (двустворки, гастроподы, мшанки) и являющиеся единственным доступным обнажением палеогеновых пород в регионе.

CONSERVATION OF GEOLOGICAL MONUMENTS: THE CASE OF THE KALININGRAD REGION

T.V. Sukmanova, N.S. Belov, G.S. Mikhnevich, U.A. Pryakhina

Immanuel Kant Baltic Federal University (Kaliningrad, Russia)

tanja.sukmanova@yandex.ru

Geological monuments represent unique natural features that possess significant scientific, historical, and educational value. Under conditions of increasing anthropogenic impact and dynamic natural processes, their preservation has become a priority in environmental and cultural heritage protection. This issue is especially relevant for coastal areas, where geological formations are intensively deteriorating due to erosion, abrasion, and human activity. One of the promising approaches to ensuring effective protection and monitoring of geological objects is the use of modern geoinformation technologies. In particular, SLAM scanning enables the rapid creation of detailed 3D models. This approach allows for accurate documentation of the current state of geological monuments, detection of changes over time, forecasting future dynamics, as well as the development of comprehensive measures for conservation, restoration, or stabilization. This study focuses on the potential of using a mobile 3D LiDAR scanner, the LiGrip H300, for creating high-precision spatial models of geological monuments. The research was conducted at "Kranty Land" — a unique natural complex located in the village of Primorsky, within the Filinskaya Bay of the Kaliningrad Region. "Kranty Land" consists of ancient Paleogene marine sediments (late Eocene, approximately 34 million years old), rich in fossils such as bivalves, gastropods, and bryozoans, and represents the only accessible outcrop of Paleogene rocks in the region.

Авторский указатель

- С**
Carranza E.J.17
- А**
Абрамов Д.А.50
Аксенович Т.В.59
Алексанин А.И. 17, 64
Алексанина М.Г.64
Алёшин И.М. 35, 36
Ардасенов В.Н.42
Ардюков Д.Г.30
- Б**
Балун В.И.56
Балян Г.М.65
Белов Н.С.76
Бердников Н.М.50
Билин В.А.59
Блохина В.Д.64
Борискина Н.Г.24
Боровенский Е.Н.65
Брагинская Л.П. 34, 40
Бушенкова Н.А.38
Бычков И.В. 14, 16
- В**
Валитов М.Г.30
Верещагина В.М.57
Воробей М.В.32
- Г**
Гаврилов А.А.48
Глухов А.Н.27
Голдобин Д.Н.30
Голубев Д.Н.65
Госькова А.О.73
Григорюк А.П. 34, 40
Грузков Б.А.64
Гуреев В.Н.75
- Д**
Давыденко С.Ю.51
Данько М.М.54
Джан Ц.14
Добролюбова Д.В.33
Добрынина А.А.34
Долгая А.А.74
Дроздов Д.С.50
Дьяконов В.В.25
- Е**
Екимов И.В.47
Еременко А.С. 13, 18, 45, 73
Ерёменко В.С. 13, 22
- Ж**
Жабоедов А.П. 70
- З**
Загумённых А.А. 13, 67
Зацерковный А.В. 47
- И**
Игуменцев К.В. 70
- К**
Кадочников А.А. 68
Калачева Е.Г. 74
Караваев Д.А. 40
Карранза Э.Дж.М. 24
Киндеев А.Л. 32
Ковалевский В.В. 34, 40
Колова Е.Е. 27
Копанина А.В. 55
Корекина М.А. 70
Коростелев Ю.В. 50, 51
Кочкин И.А. 30
Краснопеев С.М. 56
Кубасов Н.А. 69
Кустова Е.В. 47
Кутищева А.Ю. 33
- Л**
Лебедев С.А. 41, 60
Лейбман М.О. 54
Лукьянова Р.Ю. 33
Лунина М.А. 52
Лунина О.В. 14, 29
- М**
Магуськин В.М. 39
Магуськин К.М. 39
Мазаева О.А. 14
Мазов Н.А. 75
Малкова Г.В. 50, 51
Марков В.Е. 25
Марков С.И. 33
Матвеев М.А. 36
Махмуд Х.А.М. 25
Мёрзлый А.М. 33, 42, 57, 59
Метт Д.Ю. 65
Мингалёв И.В. 42
Миронов И.К. 39
Михневич Г.С. 76
Моисеев И.А. 33, 57
Мокров Д.К. 36
Морозов Ю.А. 36
- Н**
Наумова В.В. 13, 22, 23
Нестерова Н.Б. 54
- Низовцев А.С.29
Никифоров О.В. 33, 57, 62
- О**
Олин А.А.47
- П**
Патук М.И. 13, 23
Пащенко Р.А.58
Передерин Ф.В.36
Песоцкий М.В.65
Петров В.А.30
Петрукович А.А. 42, 59
Попов В.Ю.62
Попова В.А.14
Пряхина У.А.76
- Р**
Ратьков С.С.28
Розенберг Н.К.36
- С**
Савичев А.Н.70
Садовский А.М. 42, 59
Садуртдинов М.Р.51
Сахаров Я.А. 42, 59
Сахно А.В.60
Селиванов В.Н.59
Синявина С.В.75
Сироткин Д.В.50
Скворцов А.Г.51
Слободянюк А.О.41
Соловьев А.А.35
Сорокин А.А.61
Ступина Т.А.38
Судакова М.С.51
Сукманова Т.В.76
Сысенко Д.В.65
- Т**
Таран Я.В. 35, 36
Тарасевич И.И.54
Тен А.С.61
Тимофеев А.В.30
Тимофеев В.Ю.30
- У**
Уваров И.А. 33, 62
Устинов С.А.30
- Ф**
Фёдоров Р.К.16
Федоткин Д.И.65
Фереферов Е.С.16
Филатов Г.С. 33, 57
Флоринский И.В.53

Х

Хайруллин Р.Р.	54
Хмельнов А.Е.	16
Холодков К.И.	36
Хомутов А.В.	54

Ц

Царев А.М.	51
Цибизова Е.В.	38

Ч

Черкашин Е.А.	14
Черкашина Т.Ю.	14
Чесалов Л.Е.	10
Четырбоцкий А.Н.	35

Ш

Шагурин И.А.	33, 57, 62
Швидская К.А.	55
Шевырев С.Л.	24

Шестаков Н.В.	61
Шубин В.Н.	57

Щ

Щербаков В.М.	36
--------------------	----

Я

Ядыкин А.В.	65
Якушев А.А.	32
Янаков А.Т.	33, 42, 57, 59

Другие источники

b.geos GmbH (Вена, Австрия)	54
Geology Department, University of the Free State, Bloemfontein, Free State, South Africa	17
АК «АЛРОСА» ПАО (Новосибирск, Россия)	28
Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта (Калининград, Россия)	76
Белорусский государственный университет (Минск, Республика Беларусь)	32
Вычислительный центр ДВО РАН (Хабаровск, Россия)	61
Геологический факультет Университета Свободного государства (UFS, Южная Африка)	24
Геофизический центр РАН (Москва, Россия)	35, 36, 41, 60
Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН (Новосибирск, Россия)	75
Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН (Москва, Россия)	13, 22, 23, 67, 73
Дальневосточный геологический институт ДВО РАН (Владивосток, Россия)	24, 35
Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Россия)	13, 17, 18, 45, 47, 61, 64, 67, 73
Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН (Владивосток, Россия)	13, 17, 18, 45, 64, 67, 73
Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский, Россия)	39, 74
Институт вычислительного моделирования СО РАН (Красноярск, Россия)	68
Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН (Новосибирск, Россия)	34, 40
Институт вычислительной математики имени Г.И. Марчука РАН (Москва, Россия)	60
Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (Москва, Россия) ..	30
Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (Иркутск, Россия)	70
Институт гражданского строительства, Яньтайский университет (Шандун, Китай)	14
Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН (Иркутск, Россия)	14, 16
Институт Земного Магнетизма, Ионосферы и Распространения Радиоволн РАН (Троицк, Россия)	57
Институт земной коры СО РАН (Иркутск, Россия)	14, 29, 34, 52
Институт космических исследований РАН (Москва, Россия)	33, 42, 57, 59, 62
Институт криосферы Земли ТЮМНЦ СО РАН (Тюмень, Россия)	50, 51, 54
Институт математических проблем биологии РАН – филиал Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН (Москва, Россия)	53
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН (Южно-Сахалинск, Россия)	55
Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск, Россия) ..	30, 33, 38, 75
Институт полярных и морских исследований имени Альфреда Вегенера (AWI Potsdam, Германия)	54
Институт прикладной математики ДВО РАН (Владивосток, Россия)	61
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (Москва, Россия)	35, 36, 58
Иркутский государственный университет (Иркутск, Россия)	14, 52
Майкопский государственный технологический университет (Майкоп, Россия)	60
Московский государственный университет геодезии и картографии (Москва, Россия)	36
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)	51, 54, 58, 62
Научно-исследовательский институт точных приборов (Москва, Россия)	65
Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (Москва, Россия)	41
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (Москва, Россия)	69
НИУ Высшая школа экономики (Москва, Россия)	62
Новосибирский государственный технический университет (Новосибирск, Россия)	33
Полярный геофизический институт (Мурманск, Россия)	42, 59
Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (Москва, Россия)	25, 50
Российский университет дружбы народов (Москва, Россия)	25
Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II (Санкт-Петербург, Россия)	75
Северо-Восточный комплексный НИИ ДВО РАН (Магадан, Россия)	27
Сибирский Государственный университет геосистем и технологий (Новосибирск, Россия)	30
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН (Владивосток, Россия)	56
Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН (Владивосток, Россия)	30, 47, 48
Университет Потсдама (UP, Германия)	54
ФГБУ «Гидроспецгеология» (Москва, Россия)	10, 50
Центр физико-технических проблем энергетики Севера КНЦ РАН (Апатиты, Россия)	59
Южно-Уральский государственный университет (Челябинск, Россия)	70
Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН (Миасс, Россия)	70

Научное издание

**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО –
СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ
ITES-2025**

Материалы VII Всероссийской Конференции с международным участием,
Владивосток, 22-26 сентября 2025 г.

Материалы Конференции

Составитель - А.А. Стрельцова

Отпечатано с оригинал макета в типографии ООО «Рея»,
г. Владивосток, ул. Снеговая, 13.
Формат 297х210 мм.
Подписано к печати 19.09.2025 г.
Заказ № 000811 от 10.09.2025 г.
Тираж 100 шт.