

Отделение наук о Земле РАН
Академия горных наук РФ
ФГБУН Государственный геологический музей
им. В.И. Вернадского РАН

Дальневосточный федеральный университет
Институт математики и компьютерных технологий

**Информационные технологии
для наук о Земле и цифровизация
в геологии и горнодобывающей
промышленности**

ITES-2022

Материалы VI Всероссийской конференции

*Владивосток
3–8 октября 2022 г.*

Владивосток



УДК 004:001(063)
ББК 16я43
И74

*При финансовой поддержке гранта государственной программы
стратегического академического лидерства «Приоритет-2030»*

Составитель А.С. Еременко

И74 **Информационные технологии для наук о Земле и цифровизация в геологии и горнодобывающей промышленности. ITES-2022** : материалы VI Всероссийской конференции, Владивосток, 3–8 октября 2022 г. / сост. А.С. Еременко. – Владивосток : Издательство Дальневосточного федерального университета, 2022. – 74 с.
ISBN 978-5-7444-5341-1.
DOI <https://doi.org/10.24866/7444-5341-1>.

Материалы, представленные в сборнике, описывают результаты последних лет в следующих областях: открытый доступ к научным данным и алгоритмам обработки в области наук о Земле; особенности 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; цифровые пространства геологических знаний; информационно-вычислительные геологические компьютерные системы; платформы обработки геологических данных; интеллектуальный анализ данных, извлечение фактов и знаний из научных публикаций; тезаурусы, онтологии, концептуальное моделирование, семантический WEB, связанные данные, сервисы, семантическое структурирование контента, применение в науках о Земле; управление развитием территорий освоения природных ресурсов на основе технологий и данных дистанционного зондирования Земли; технологии виртуальной и дополненной реальностей для создания систем демонстрации и популяризации достижений в науках о Земле; цифровая трансформация в геологии и горнодобывающей промышленности и цифровые двойники и др.

УДК 004:001(063)
ББК 16я43

© Государственный геологический музей
им. В.И. Вернадского РАН,
Дальневосточный федеральный университет,
2022

ISBN 978-5-7444-5341-1

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНАЯ СЕССИЯ.....	9
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ.....	10
<i>И.В. Бычков, Д.П. Гладкочуб, Г.М. Ружников, К.Ж. Семинский, В.В. Парамонов, С.В. Алексеев, С.А. Борняков, А.А. Добрынина, А.А. Рыбченко, А.М. Кононов, А.В. Поспеев, С.В. Рассказов, В.А. Саньков, И.К. Семинский</i>	
ОНТОЛОГИИ И ИХ МОДЕЛИ В СЕМАНТИЧЕСКОМ СТРУКТУРИРОВАНИИ КОНТЕНТА НАУКОЕМКИХ ОБЛАСТЕЙ.....	12
<i>И.Л. Артемьева, К.А. Гуляева, О.А. Крестникова, С.В. Смагин</i>	
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АРКТИКЕ	13
<i>А.М. Мёрзлый, Л.М. Зеленый, И.В. Мингалев, А.А. Петрукович, А.Т. Янаков</i>	
ПОДГОТОВКА ДАННЫХ СПУТНИКОВОЙ АЛЬТИМЕТРИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ АССИМИЛЯЦИИ УРОВНЯ В МОДЕЛЯХ ДИНАМИКИ ЧЕРНОГО МОРЯ.....	13
<i>С.А. Лебедев, А.В. Сахно</i>	
ВЫЯВЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ УЧАСТКОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ БЕСПИЛОТНОЙ АЭРОФОТОСЪЕМКИ СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ	14
<i>О.В. Лунина, А.А. Гладков</i>	
ОТ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГЕОЛОГИИ К ЕДИНОМУ ЦИФРОВОМУ ПРОСТРАНСТВУ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ.....	15
<i>В.В. Наумова, В.С. Ерёмченко, А.С. Еременко, А.А. Загумённов, М.И. Патук</i>	
ВЕКТОР РАЗВИТИЯ СПУТНИКОВОГО ЦЕНТРА ДВО РАН	16
<i>А.И. Алексанин, М.Г. Алексанина, В. А. Левин</i>	
МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИ СОЗДАНИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО УЗЛА ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРИГИНАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ЦЕНТРА СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА ИАПУ ДВО РАН.....	17
<i>А.С. Еременко, А.А. Загумённов, В.С. Ерёмченко, П.В. Бабяк</i>	
ПОРТАЛ МОРСКИХ СЕРВИСОВ SCANEX MARITIME	18
<i>М.А. Сергеева</i>	
МОНИТОРИНГ АРКТИЧЕСКИХ АКВАТОРИЙ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА	19
<i>Д.С. Лубнин</i>	
НАУЧНАЯ СЕССИЯ.....	21
<i>С.Е. Дьяков, П.В. Бабяк, М.Г. Алексанина</i>	
РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ПО АНАЛИЗУ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ	23
<i>В.С. Ерёмченко, В.В. Наумова, А.А. Загумённов</i>	

РАЗРАБОТКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО УЗЛА ПО ОБРАБОТКЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ	24
<i>А.А. Загумённов, А.С. Еременко, В.С. Еременко, П.В. Бабяк</i>	
ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ЗНАНИЯМИ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	24
<i>М.И. Патук, В.В. Наумова</i>	
РАЗВИТИЕ WEB-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ГИС «ACTIVETESTONICS» КАК БАНКА ДАННЫХ ИНФОРМАЦИИ ПО АКТИВНОЙ ТЕКТОНИКЕ ЮГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ	25
<i>А.А. Гладков, О.В. Лунина</i>	
ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ГЕОНАВИГАЦИИ В СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	26
<i>А.В. Галкина, М.Ю. Лисицина, Т.Р. Рахимов</i>	
ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЦКП «ИКИ - МОНИТОРИНГ» В ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ «ИВМ РАН – ЧЕРНОЕ МОРЕ»	27
<i>Н.Б. Захарова, В.И. Агошков, Е.И. Пармузин, Т.О. Шелопут, Н.Р. Лёзина</i>	
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕНТРА КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ «ИКИ-МОНИТОРИНГ» ДЛЯ МОНИТОРИНГА ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	28
<i>А.М. Константинова, Е.А. Лупян, О.Ю. Панова, В.П. Саворский</i>	
ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ЗОНЫ	29
<i>А.П. Григорюк, Л.П. Брагинская, И.К. Семинский, В.В. Ковалевский</i>	
DDLAFS - QGIS PLUGIN FOR DOMINANT DIRECTIONS OF THE LOCAL ACTIVE FAULT SYSTEM ESTIMATION	30
<i>Емельянов И.В., Некрасова А.К.</i>	
ПРОЯВЛЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЙ МАГНИТОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ.....	31
<i>Я.А. Сахаров, С.А. Золотой, А.М. Мёрзлый, И.А. Моисеев, О.В. Никифоров, А.А. Петрукович, А.М. Садовский, В.Н. Селиванов, А.Т. Янаков</i>	
ЗАДАЧИ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МАНТИЙНЫХ ПЛЮМОВ.....	32
<i>А.Н. Четырбоцкий</i>	
СОЗДАНИЕ КАРТЫ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В СОСТАВЕ ГИС-ПАКЕТА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ЛИСТОВ Q-41, Q-42, R-42, R -43 МАСШТАБА 1 : 1 000 000	33
<i>Д.С. Дроздов, Ю.В. Коростелев, Г.В. Малкова, Б.М. Крестин., Д.В. Сироткин, Е.И. Пижанкова, А.А. Попова</i>	
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВЫСОТЫ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАКОВ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ MODIS.....	35
<i>А.В. Скороходов, К.В. Курьянович</i>	
TECHNOLOGIES AND PRINCIPLES OF DATA COLLECTION AND PROCESSING FOR THE ATMOSPHERIC AIR STATE MONITORING SYSTEM	36
<i>А.А. Kadochnikov</i>	

ПОИСКИ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ПРИБАЙКАЛЬЕ НА ОСНОВЕ СОПОСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ ЭМАНАЦИОННОГО, ДЕФОРМАЦИОННОГО И МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	36
<i>К.Ж. Семинский, А.А. Бобров, А.А. Михайлов, С.А. Борняков, И.К. Семинский, А.В. Поспеев, Д.В. Салко</i>	
ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА ТОНГО 15 ЯНВАРЯ 2022 ГОДА	38
<i>А.А. Добрынина, В.А. Саньков, Н.А. Радзиминович, С.А. Борняков</i>	
ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ НАГРУЖЕННОСТИ И НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ	39
<i>А.А. Альшанская</i>	
РЯДЫ 10-ЛЕТНЕГО ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА КУЛТУКСКОМ ПОЛИГОНЕ КАК ОСНОВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГНОЗА СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ	40
<i>С.В. Рассказов, Е.П. Чебыкин, А.М. Ильясова, С.В. Снопков, И.С. Чувашова, С.А. Борняков</i>	
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СПУТНИКОВОГО РАДИОТЕПЛОВИДЕНИЯ ДЛЯ РАННЕГО ПРОГНОЗА КРУПНЫХ НАВОДНЕНИЙ В БАССЕЙНЕ АМУРА	41
<i>Е.В. Пашинов, Д.М. Ермаков, А.В. Кузьмин, В.В. Стерлядкин</i>	
ИНФРАСТРУКТУРА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ГЕОПОРТАЛА ИГМ СО РАН	42
<i>М.В. Задорожный, Е.М. Высоцкий, А.В. Вишневский, Т.В. Смирнова, Б.Е. Мусеев</i>	
СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ СЕЙСМОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	42
<i>Т.Г. Асланов</i>	
КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА БАЛТИЙСКОГО ЩИТА	44
<i>А.С. Агаян, Н.И. Косевич, А.К. Некрасова</i>	
ФОРМАЛИЗАЦИЯ ГЕОФИЗИКИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ	45
<i>Е.Б. Чирков</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ P2P-СЕТЕЙ ДЛЯ СБОРА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ	45
<i>И.М. Алёшин, К.И. Холодков</i>	
РАСЧЕТ ПОЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ В ПОЧВЕ НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННОЙ ФОРМУЛЫ ФУРЬЕ	46
<i>Ю.С. Бахрачева, А.М. Афанасьев</i>	
СТЕНДОВАЯ СЕССИЯ	48
НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ПОРТАЛ: СОСТОЯНИЕ ДЕЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	49
<i>А.С. Еременко, Д.Е. Лещикова, Л.С. Романенкова</i>	

ИЗУЧЕНИЕ ПОСТСЕЙСМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА СРЕДНЕФОКУСНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ.....	50
<i>А.А. Красоткин, Г.В. Нечаев, Н.В. Шестаков</i>	
СОВРЕМЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ЮЖНОЙ ОКОНЕЧНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОГО СИХОТЭ-АЛИНСКОГО РАЗЛОМА ПО ДАННЫМ ГНСС-НАБЛЮДЕНИЙ.....	51
<i>А.А. Салахутдинова, Н.В. Шестаков, А.К. Кишкина, Г.В. Нечаев, Е.А. Лялюшко</i>	
ADAPTATION OF THE METHODOLOGY FOR ALLOCATING LOCAL CLIMATIC ZONES TO THE TASKS OF MEDICAL-GEOGRAPHICAL ZONING (CASES OF MOSCOW AND VOLGOGRAD).....	52
<i>М.У. Grishchenko, N.M. Fazleyeva, N.V. Shartova</i>	
ИНТЕГРАЦИЯ ПЕРЕДОВЫХ СРЕДСТВ 3D ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГЕОДАННЫХ В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ И УЧЕБНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ	53
<i>Г.С. Бояришинов, С.В. Пресняков, А.А. Одинцова</i>	
ФРАКТАЛЬНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ СИСТЕМЫ АКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ И ПАРАМЕТРЫ ОБЩЕГО ЗАКОНА ПОДОБИЯ ДЛЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ: СЕЙСМООПАСНЫЕ РЕГИОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	53
<i>И.А. Цветков, А.К. Некрасова</i>	
НАУЧНАЯ СЕССИЯ.....	56
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОМ МУЗЕЕ	57
<i>Черкасов С.В.</i>	
ТЕОРИЯ СОВОКУПНОСТЕЙ: ИЗ ГЕОЛОГИИ В ИНЖЕНЕРИЮ ЗНАНИЙ И ОБРАТНО	58
<i>К.А. Пиеничный</i>	
ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ КАК СПОСОБ ПРОДВИЖЕНИЯ И ПОПУЛЯРИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ БД «ТРУДЫ СОТРУДНИКОВ ИНГГ СО РАН»).....	59
<i>Н.А. Мазов, В.Н. Гуреев</i>	
MINERAL PROSPECTIVITY MAPPING ДЛЯ ПРОГНОЗА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА И МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ЦЕНТРАЛЬНО-КОЛЫМСКОГО РЕГИОНА (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ).....	60
<i>И.Н. Горячев</i>	
MINERAL PROSPECTIVITY ASSESSMENT USING ASTER DATA AND MAXENT METHOD IN PYTHON.....	61
<i>Шевырёв С.Л., Карранза Э.Дж., Горобейко Е.В., Борискина Н.Г.</i>	
НОВЫЙ ПОДХОД К ИНТЕГРИРОВАННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРИТОКА К ГРУППЕ СКВАЖИН В НЕФТЕГАЗОВОЙ ЗАЛЕЖИ С ПОДОШВЕННОЙ ВОДОЙ.....	61
<i>Л.Л. Рыжова, Р.Д. Каневская, П.В. Кузнецов</i>	
ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ВУЛКАНОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ	62
<i>В.А. Мелкий, А.А. Верхотуров</i>	

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СМЕШАННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОБЩЕНИЯ С ПРИРОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ.....	63
<i>Ю.И. Молородов, Е.А. Слепцов</i>	
ETL-ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОРГАНИЗАЦИИ НАПОЛНЕНИЯ ДАННЫМИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ	64
<i>В.П. Потапов, Е.Л. Счастливец, Н.И. Юкина, И.Е. Харлампенков, А.А. Быков, М.С. Рудов</i>	
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СЕЙСМИЧНОСТИ ПРИБАЙКАЛЯ.....	65
<i>М.А. Хритова, Н.А. Гилёва</i>	
СПУТНИКОВЫЙ РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ОБЪЕКТОВ КУЗБАССА	66
<i>Л.С. Миков</i>	
ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ РЕФАКТОРИНГА ПРОГРАММЫ ПО РАСЧЁТУ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОДЗЕМНОГО ЛЬДА	67
<i>А.А. Иванова, Е.А. Слагода</i>	
ASSESSING LAND DEGRADATION ON A REGIONAL SCALE USING A MULTI-DATA APPROACH IN CENTRAL ASIA	68
<i>Хазиева Е., Зига М., Пётр В.</i>	
РЕФЕРЕНЦИЯ НЕЧЕТКИХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ	69
<i>А.В. Кошкарёв</i>	

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта публикация представляет собой Программу и Краткие тезисы докладов VI Всероссийской Конференции «Информационные технологии для наук о Земле и цифровизация в геологии и горнодобывающей промышленности. ITES-2022», которая прошла в г. Владивостоке 3-8 октября 2022 г.

Основная цель Конференции состоит в том, чтобы привлечь во Владивосток 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.

Интеграция академической и вузовской науки Москвы и Владивостока стала определяющим фактором при выборе региона для проведения очередной Конференции 2022 года.

Задачи конференции покрывают весь спектр вопросов, связанных с поиском и разведкой месторождений полезных ископаемых, рациональным природопользованием; сбором, обработкой, анализом данных; управлением и популяризацией знаний, а также применением информационных технологий в области металлогении критических полезных ископаемых; социальных аспектов горно-геологической отрасли; прогнозных построений в области геологической разведки и землепользования.

Мы также 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 15 городов РФ: Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Томска, Иркутска, Красноярска, Магадана, Петропавловска-Камчатского, Южно-Сахалинска, Махачкалы, Тюмени, Апатитов, Волгограда, Кемерово, Владивостока и др. приняли участие в этой Конференции и представили в эту книгу краткие тезисы своих докладов.

Представленные участниками материалы описывают результаты научных исследований в следующих областях:

- Открытый доступ к научным данным и алгоритмам обработки в области наук о Земле;
- Особенности 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;
- Цифровые пространства геологических знаний. Информационно-вычислительные геологические компьютерные системы. Платформы обработки геологических данных;
- Интеллектуальный анализ данных, извлечение фактов и знаний из научных публикаций. Тезаурусы, онтологии, концептуальное моделирование. Семантический WEB, связанные данные. Сервисы. Семантическое структурирование контента. Применение в науках о Земле;
- Управление развитием территорий освоения природных ресурсов на основе технологий и данных дистанционного зондирования Земли;
- Технологии виртуальной и дополненной реальности для создания систем демонстрации и популяризации достижений в науках о Земле;
- Цифровая трансформация в геологии и горнодобывающей промышленности и цифровые двойники.

Наумова В.В.

Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН

PLENARY SESSION

ПЛЕНАРНАЯ СЕССИЯ

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

*И.В. Бычков², Д.П. Гладкочуб¹, Г.М. Ружников², К.Ж. Семинский¹, В.В. Парамонов²,
С.В. Алексеев¹, С.А. Борняков¹, А.А. Добрынина¹, А.А. Рыбченко¹, А.М. Кононов¹,
А.В. Поспеев¹, С.В. Рассказов¹, В.А. Саньков¹, И.К. Семинский¹*

¹Институт земной коры СО РАН

dima@crust.irk.ru

²Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН

ivbychkov@mail.ru

Фундаментальные научные исследования опасных геологических процессов, проводимые в мире и России, базируются на мониторинге, хранении и обработке больших объемов тематических данных и знаний, а также на использовании современных сетей передачи данных. Особое значение при этом придается проведению самого процесса цифровой трансформации, который является ведущим трендом мирового научно-технологического развития, что вызвано прорывом в совершенствовании цифровых технологий и использованием пространственно-временных ресурсов, увеличением мощностей вычислительных кластеров, формированием сетей 5G, интернета вещей (IoT), киберфизических систем, облачных вычислений.

Байкальская природная территория (БПТ) относится к территориям с высокой сейсмической активностью, для исследований которой выполняется крупный научный проект Минобрнауки России «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории». Одним из основных направлений проекта является формирование концептуальных основ цифрового мониторинга экстремальных геологических и эколого-геохимических процессов БПТ.

В проекте основой цифровой трансформации мониторинга опасных геологических процессов БПТ служит платформенный подход, а также использование сервис-ориентированной парадигмы, стандартов Open Geospatial Consortium, инфраструктурного подхода, декларативных спецификаций, а также сквозных и Web-технологий сбора и обработки больших объемов тематических пространственно-временных данных. Цифровая платформа, являясь открытой системой алгоритмизированного сетевого взаимодействия участников мониторинга БПТ, аккумулирует в себе новейшие методы, технологии и предоставляет доступ к большим объемам пространственно-временных данных, сервисам их обработки, а также к цифровым инструментам и услугам.

На первом этапе проведения цифровой трансформации опасных геологических процессов БПТ формируется программно-аппаратное обеспечение пилотной системы комплексного цифрового мониторинга опасных геологических процессов (землетрясений, оползней, селевых потоков, обвалов и др.), оказывающих существенное влияние на экологическое состояние Байкальской природной территории и озера Байкал. При этом измерительный комплекс системы включает современное оборудование, фиксирующее параметры деформаций горных пород, движений земной коры, сейсмичности, эманаций радона, электропроводности пород, режима подземных вод и экзогенных явлений. Получены результаты предварительной обработки данных мониторинга в отношении трех опасных землетрясений ($M=5.4\div 6.8$), произошедших в БПТ в течение 2020-2021 гг., что свидетельствует о генетической взаимосвязи этих землетрясений, которые отразили глобальную кинематику блоков литосферы за «мгновенный» для геологии интервал времени.

Прикладной аспект исследования связан с поиском предвестников землетрясений и других опасных процессов на базе цифровой трансформации и обработки данных комплексного мониторинга.

DIGITAL TRANSFORMATION OF MONITORING DATA ABOUT DANGEROUS GEOLOGICAL PROCESSES ON EXAMPLE OF THE BAIKAL REGION

*I.V. Bychkov², D.P. Gladkochyb¹, G.M. Ruzhnikov², K.Zh. Seminsky¹, V.V. Paramonov²,
S.V. Alekseev¹, S.A. Bornyakov¹, A.A. Dobrynina¹, A.A. Rybchenko¹, A.M. Kononov¹,
A.V. Pospeev¹, S.V. Rasskazov¹, V.A. Sankov¹, I.K. Seminsky¹*

¹The Institute of the Earth's Crust SB RAS

dima@crust.irk.ru

²Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory SB RAS

ivbychkov@mail.ru

Fundamental scientific studies of dangerous geological processes, carried out in the world and in Russia, are based on monitoring, storage and processing of large volumes of thematic data and knowledge, as well as on the use of modern data transmission networks. At the same time, particular importance is attached to the process of digital transformation itself, which is the leading trend in the world scientific and technological development, which is caused by a breakthrough in the improvement of digital technologies and the use of spatio-temporal resources, an increase in the capacity of computing clusters, the formation of 5G networks, the Internet of things (IoT), cyber-physical systems, cloud computing.

The Baikal Natural Territory (BNT) belongs to areas with high seismic activity, for the study of which a major scientific project of the Russian Ministry of Education and Science "Fundamentals, methods and technologies for digital monitoring and forecasting of the ecological situation in the Baikal Natural Territory" is being carried out. One of the main directions of project is the formation of the conceptual foundations for digital monitoring of extreme geological and ecological-geochemical processes of the BNT.

In the project, the platform approach, as well as the use of a service-oriented paradigm, Open Geospatial Consortium standards, an infrastructure approach, declarative specifications, as well as end-to-end and Web technologies for collecting and processing large volumes of thematic spatio-temporal data, serve as the basis for the digital transformation of monitoring of hazardous geological processes in the BNT. The digital platform, being an open system of algorithmic network interaction between BNT monitoring participants, accumulates the latest methods, technologies and provides access to large volumes of spatio-temporal data, their processing services, as well as digital tools and services.

At the first stage of the digital transformation of hazardous geological processes of the BNT, software and hardware for a pilot system for integrated digital monitoring of hazardous geological processes (earthquakes, landscape zones, debris flows, landslides, etc.) that have a significant impact on the ecological state of the Baikal natural territory and Lake Baikal is being formed. At the same time, the measuring complex of the system includes modern equipment that records the parameters of rock deformations, movements of the earth's crust, seismicity, radon emanation, electrical conductivity of rocks, groundwater regime and exogenous phenomena. The results of preliminary processing of monitoring data for three dangerous earthquakes ($M=5.4\div 6.8$) that occurred in the BNT during 2020-2021 were obtained, which indicates the genetic relationship of these earthquakes, which reflected the global kinematics of lithosphere blocks for the "instantaneous" for geology time interval.

The applied aspect of the study is related to the search for precursors of earthquakes and other dangerous processes based on digital transformation and processing of complex monitoring data.

ОНТОЛОГИИ И ИХ МОДЕЛИ В СЕМАНТИЧЕСКОМ СТРУКТУРИРОВАНИИ КОНТЕНТА НАУКОЕМКИХ ОБЛАСТЕЙ

И.Л. Артемьева, К.А. Гуляева, О.А. Крестникова, С.В. Смагин

Дальневосточный Федеральный Университет

artemeva.il@dvfu.ru

В настоящее время многие программные проекты основаны на использовании онтологий и их моделей. Онтологии задают структуру информации, хранимой в информационных компонентах программных систем. На основе онтологических соглашений и знаний области приложений разрабатываются системы для решения прикладных задач. В работе описывается применение онтологий при создании программных средств для сложно структурированных наукоемких областей. Такие области имеют ряд особенностей, влекущих за собой наличие специальных программных компонентов. С одной стороны, знания таких областей могут быть полностью структурированы, как следствие выделяется особый компонент онтологии – онтология знаний, задающая структуру баз знаний, позволяющая эксперту области приложений самостоятельно формировать базу знаний в понятных ему терминах. С другой стороны, существуют области, в которых не все знания могут быть структурированы, что влечет необходимость их представления в виде совокупности формул. Кроме этого, в разных предметных областях существуют общепринятые в них графические способы представлять входной и выходной информации, что требует наличия в программных системах специализированных онтологий, определяющих структуру этой информации. В качестве примеров рассматриваются задачи анализа информации в области экологии, географии и других приложений. Большое внимание уделяется результатам по использованию онтологии предметной области при анализе текстов для извлечения различной семантической информации.

ONTOLOGIES AND THEIR MODELS IN THE SEMANTIC STRUCTURING OF THE CONTENT OF SCIENTIFIC FIELDS

I.L. Artemyeva, K.A. Gulyaeva, O.A. Krestnikova, S.V. Smagin

Far Eastern Federal University

artemeva.il@dvfu.ru

Currently, many software projects are based on the use of ontologies and their models. Ontologies define the structure of information stored in the information components of software systems. On the basis of ontological conventions and knowledge of the application area, systems are developed for solving applied problems. The paper describes the use of ontologies in the creation of software for complexly structured science-intensive areas. Such areas have a number of features that entail the presence of special software components. On the one hand, the knowledge of such areas can be completely structured, as a result, a special component of the ontology is distinguished - the ontology of knowledge, which sets the structure of knowledge bases, allowing an expert in the application area to independently form a knowledge base in terms that are understandable to him. On the other hand, there are areas in which not all knowledge can be structured, which entails the need to present them in the form of a set of formulas. In addition, in different subject areas there are generally accepted graphical methods for representing input and output information, which requires the presence in software systems of specialized ontologies that determine the structure of this information. As examples, the problems of analyzing information in the field of ecology, geography and other applications are considered. Much attention is paid to

the results of using the ontology of the subject area in the analysis of texts to extract various semantic information.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АРКТИКЕ

А.М. Мёрзлый^{1,2}, Л.М. Зеленый², И.В. Мингалева³, А.А. Петрукович², А.Т. Янаков²

¹Российская академия наук

²Институт космических исследований РАН

³Полярный геофизический институт

pinega142@yandex.ru

Контроль фактического состояния гелиогеофизических условий в Арктике в реальном режиме времени и его краткосрочного прогноза становится все более актуальной проблемой для решения прикладных задач. Физические процессы, протекающие в ионосфере и верхней атмосфере, связаны с процессами как выше (взаимодействие Солнечного ветра с магнитосферой и процессы во внутри магнитосферы), так и ниже ионосферы (процессы в мезосфере и стратосфере) и являются составной частью процессов в единой среде околоземного пространства, они влияют на эффективность работы многих служб РФ, подведомственных ряду министерств. Следует подчеркнуть, что хотя за последнее десятилетие понимание физики процессов в околоземной плазме значительно возросло, но далеко не все аспекты взаимодействия отдельных сред объяснены и для прогресса в этом направлении требуются дальнейшие теоретические исследования и эксперименты.

ПОДГОТОВКА ДАННЫХ СПУТНИКОВОЙ АЛЬТИМЕТРИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ АССИМИЛЯЦИИ УРОВНЯ В МОДЕЛЯХ ДИНАМИКИ ЧЕРНОГО МОРЯ

С.А. Лебедев^{1,2,3}, А.В. Сахно^{2,3}

¹Геофизический центр РАН

²Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

³Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН

sergey_a_lebedev@mail.ru

В настоящей работе представлена методика подготовки данных спутниковой альтиметрии для дальнейшего усвоения их в модели циркуляции Черного моря (INMOM). На первом этапе проводится расчет уровня моря как суперпозиция климатической динамической топографии (отклонения средней морской поверхности от высоты геоида) и аномалий уровня, полученных по данным спутниковой альтиметрии. На втором этапе проводится фильтрация данных дистанционного зондирования фильтром Гаусса, так как их пространственное разрешение меньше, чем разрешение модели. На третьем этапе определяется радиальная составляющая ошибки альтиметрических измерений ΔSSH , которую для акватории Черного моря можно аппроксимировать линейной зависимостью от времени пролета спутника вдоль трека:

$$\Delta SSH = a \cdot t + b.$$

Методом оптимизации минимального отклонения данных дистанционного зондирования от результатов модельных расчетов находятся коэффициенты в данном соотношении. Результаты численных экспериментов показывают увеличение корреляции результатов модельных расчетов и альтиметрических данных после проведения фильтрации, учета радиальной ошибки спутниковых измерений. Дальнейшим этапом подготовки данных будет проведение расчетов по адаптации поля уровня моря с учетом данных дистанционного зондирования.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 19-71-20035).

PREPARATION OF SATELLITE ALTIMETRY DATA FOR SOLVING THE PROBLEM OF LEVEL ASSIMILATION IN MODELS OF THE BLACK SEA DYNAMICS

S.A. Lebedev^{1,2,3}, A.V. Sakhno^{2,3}

¹Geophysical Center RAS

²National Research University of Electronic Technology

³Marchuk Institute of Numerical Mathematics RAS

sergey_a_lebedev@mail.ru

The methods of preparation of satellite altimetry data and their assimilation in the Black Sea circulation models (INMOM) are presented in the work. At the first stage, the sea level is calculated as a superposition of climatic dynamic topography (deviations of the mean sea surface from the geoid height) and the level anomalies obtained from satellite altimetry data. At the second stage, the remote sensing data are filtered with a gaussian filter, since their spatial resolution is less than the model resolution. At the third stage, the radial component of the ΔSSH altimetry measurement error is determined, which for the Black Sea water area can be approximated by a linear dependence on the time of flight of the satellite along the track:

$$\Delta SSH = a \cdot t + b.$$

The coefficients in this ratio are found by the method of optimizing the minimum deviation of remote sensing data from the results of model calculations. The results of numerical experiments show an increase in the correlation between the results of model calculations and altimetry data after filtering, taking into account the radial error of satellite measurements. The next stage of data preparation will be calculations for the adaptation of the sea level field, taking into account remote sensing data.

The work was supported by the Russian Science Foundation (project № 19-71-20035).

ВЫЯВЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ УЧАСТКОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ БЕСПИЛОТНОЙ АЭРОФОТОСЪЕМКИ СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

О.В. Лунина¹, А.А. Гладков^{1,2}

¹Институт земной коры СО РАН

²ГАУ ДО ИО "Центр развития дополнительного образования детей", детский технопарк "Кванториум Байкал"

lounina@crust.irk.ru

В настоящей работе показано, что применение беспилотной аэрофотосъемки с построением ортофотопланов и цифровых моделей местности на территории площадью сотни квадратных метров – первые квадратные километры и последующее

дешифрирование аэрофотоматериалов позволяет эффективно выявлять опасные участки, потенциальные для медленных и быстрых смещений. Одним из главных факторов, определяющим место поиска видимых деформаций земной поверхности, является наличие активного разлома. Показаны примеры обнаружения поверхностных разрывов различного генезиса в конусах выноса и дельтах рек, впадающих в озеро Байкал. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-27-00064, <https://rscf.ru/project/22-27-00064/>.

IDENTIFICATION OF POTENTIALLY DANGEROUS AREAS OF SURFACE DEFORMATION PROPAGATION BASED ON ULTRA-HIGH RESOLUTION UAS IMAGERIES

O.V. Lunina¹, A.A. Gladkov^{1,2}

¹Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of RAS

²Center for the Development of Continuing Education of Children, Ministry of Education of Irkutsk Region

lounina@crust.irk.ru

This work shows that the use of unmanned air system with the construction of orthophotomaps and digital terrain models over an area of hundreds of square meters – the first square kilometers and subsequent interpretation of UAS imageries makes it possible to identify effectively dangerous areas that are potential for slow and impulse displacements. The presence of an active fault is one of the main factors determining the location of the search for visible deformations of the earth's surface. We demonstrate examples of detection of surface discontinuities of various genesis in alluvial fans and deltas of rivers flowing into Lake Baikal. The study was funded by Russian Science Foundation grant 22-27-00064, <https://rscf.ru/project/22-27-00064/>.

ОТ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГЕОЛОГИИ К ЕДИНОМУ ЦИФРОВОМУ ПРОСТРАНСТВУ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

В.В. Наумова¹, В.С. Ерёменко¹, А.С. Еременко^{1,2}, А.А. Загумёнов^{1,2}, М.И. Патук¹

¹Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН

²Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН

v.naumova@sgm.ru

Обсуждаются все стадии развития Информационной системы для создания, развития и поддержки научных исследований в геологии: от Информационно-аналитической среды до Единого цифрового пространства геологических научных знаний. Современная разрабатываемая стадия Проекта – это шаг вперед от традиционной территориально распределенной геологической системы к цифровой среде будущего.

FROM AN INFORMATION AND ANALYTICAL ENVIRONMENT TO SUPPORT SCIENTIFIC RESEARCH IN GEOLOGY TO A SINGLE DIGITAL SPACE OF GEOLOGICAL SCIENTIFIC KNOWLEDGE

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

¹State Geological Museum named after Vladimir Vernadsky of RAS

²Institute of Automation and Control Processes FEB RAS

v.naumova@sgm.ru

The report describes all stages of the development of an Information system for the creation, development and support of scientific research in geology: from the Information and analytical environment to the Unified Digital Space of geological scientific knowledge. The current stage of the Project under development is a step forward from the traditional geographically distributed geological system to the digital environment of the future.

ВЕКТОР РАЗВИТИЯ СПУТНИКОВОГО ЦЕНТРА ДВО РАН

А.И. Алексанин^{1,2}, М.Г. Алексанина^{1,2}, В.А. Левин¹

¹Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН

²Дальневосточный Федеральный Университет

aleks@iacp.dvo.ru

В докладе представлена концепция развития технологий обработки данных в Спутниковом центре Дальневосточного отделения Российской академии наук (ДВО РАН) на базе Института автоматизации и процессов управления (ИАПУ ДВО РАН). Для современного оперативного мониторинга и диагностики по спутниковым данным различных объектов или явлений только уже имеющихся технологий недостаточно. Для решения конкретных задач часто требуется подбор спутниковой данных и разработка новых технологий расчета различных параметров. Для решения различных задач по спутниковому мониторингу океана и атмосферы в Спутниковом центре ДВО РАН создано около двух десятков новых технологий расчета параметров океана и атмосферы, которые адаптированы в существующие пакеты программ обработки. Такой подход позволил выполнить ряд интересных научно-исследовательских работ. В частности, мониторинг трансграничных переносов в атмосфере и океане при аварии на АЭС Фукусима-1 в марте 2011 года и исследование причин экологической катастрофы в Авачинском заливе восточного побережья Камчатки осенью 2020 года. Адаптация уже созданных технологий под российские космические аппараты позволит получать продукты обработки спутниковых данных в соответствии с мировыми стандартами качества. Проводимая интеграция Спутникового центра ДВО РАН совместно со Спутниковым центром ДВФУ в Государственную информационную систему оперативной поставки данных дистанционного зондирования Земли (ГИС ОПД ДЗЗ) Роскосмоса позволит реализовать простой и единообразный доступ к спутниковым данным как российских, так и мировых архивов, а также к продуктам высокоуровневой обработки в требуемой тематической области.

DEVELOPMENT VECTOR OF THE SATELLITE CENTER OF THE FAR EASTERN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

Aleksanin^{1,2}, M.G. Aleksanina^{1,2}, V.A. Levin¹

¹Institute of Automation and Control Processes FEB RAS

²Far Eastern Federal University

aleks@iacp.dvo.ru

The report presents the concept of developing data processing technologies at the Satellite Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences and Sciences (FEB RAS) based on the Institute of Automation and Control Processes (IAPU FEB RAS). For up-to-date operational monitoring and diagnostics based on satellite data of specific objects or phenomena, only existing technologies are not enough. Solving specific problems often requires the selection of satellite data and the development of new technologies for calculating various parameters. To solve various problems of satellite monitoring of the ocean and atmosphere, the Satellite Center of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences has created about two dozen new technologies for calculating parameters of the ocean and atmosphere, which have been adapted into existing processing software packages. This approach made it possible to carry out a few interesting research works. In particular, the monitoring of transboundary transports in the atmosphere and ocean during the accident at the Fukushima-1 nuclear power plant in March 2011 and the study of the causes of the environmental disaster in Avacha Bay on the eastern coast of Kamchatka in autumn 2020. Adaptation of already created technologies for Russian spacecraft will make it possible to obtain satellite data processing products in accordance with international quality standards. The ongoing integration of the Satellite Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, together with the Satellite Center of the Far Eastern Federal University, into the State Information System for the Operational Delivery of Earth Remote Sensing Data (GIS OPD remote sensing data) of Roscosmos will allow for simple and uniform access to satellite data from both Russian and world archives, as well as to high-level processing products in the required subject area.

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИ СОЗДАНИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО УЗЛА ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРИГИНАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ЦЕНТРА СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА ИАПУ ДВО РАН

А.С. Еременко^{1,2}, А.А. Загумённых^{1,2}, В.С. Ерёменко³, П.В. Бабяк¹

¹Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН

²Дальневосточный Федеральный Университет

³Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН

В различных институтах Российской академии наук, занимающихся исследованиями в области наук о Земле, в течении многих лет были разработаны оригинальные методы и технологии обработки спутниковых данных ДЗЗ для решения исследовательских и прикладных задач. Цель данной работы – выработать подход для создания вычислительного узла обработки и анализа спутниковых данных с использованием этих оригинальных методов и технологий для решения научных задач. Апробация подхода будет осуществляться на базе оригинальных разработок Спутникового центра ИАПУ ДВО РАН.

Существует большое количество облачных платформ и сервисов для работы со спутниковыми и пространственными данными. Они различаются по функционалу, типам предоставляемой спутниковой и пространственной информации, тематической направленности, удобству использования, стоимости. Многие из платформ предоставляют возможность использования в исследовательских целях, но зачастую предоставляя лишь часть необходимого функционала. Все платформы можно разделить на два больших класса: платформы общего назначения и тематические.

Платформы общего назначения предоставляют возможности для решения большого круга задач посредством предоставления доступа к широкому спектру спутниковых и пространственных данных, имеют разнообразные инструменты для визуализации, предоставляют возможность написания собственных алгоритмов, возможность делиться результатами работы.

Тематические платформы нацелены на решение определённого узкого круга задач, как правило ограничены каким-то географическим регионом, предоставляя наиболее релевантный и тщательно отобранный набор данных, инструментов и алгоритмов под эти задачи и регион.

Таким образом для решения современных задач от облачных платформ с одной стороны требуется реализация возможностей доступа к данным, их обработки и визуализации, а с другой – простота и гибкость использования в современной тематической обработке с возможностью определять наборы данных и алгоритмы их обработки.

Поэтому перед коллективом стояла задача разработки гибридной архитектуры системы, сочетающей в себе достоинства обоих подходов. Разрабатываемый вычислительный узел представляет из себя управляющее ядро, подсистему доступа к данным, подсистему обработки и анализа и подсистему визуализации и взаимодействия с пользователем. Данный узел обработки призван решить ряд проблем, встающих перед учёными-исследователями. В первую очередь – получение спутниковых данных, прошедших процедуры первичной обработки. Во-вторых, возможность получения продуктов, строящихся на регулярной основе. В-третьих, возможность пользовательской обработки имеющегося массива данных с использованием оригинальных алгоритмов, разрабатываемых научными коллективами. При этом имеется возможность сохранения результатов обработки в общепринятых форматах данных с целью проведения дальнейших исследований и обработки в общепринятых пакетах.

Таким образом узел обработки решает одну из важнейших задач в деятельности исследователей в области наук о Земле – верификация и масштабирование разрабатываемых оригинальных алгоритмов обработки спутниковых данных для решения прикладных задач, с одной стороны, и доступ к этим алгоритмам при решении прикладных задач научным сообществом.

ПОРТАЛ МОРСКИХ СЕРВИСОВ SCANEX MARITIME

М.А. Сергеева

Инженерно-технологический центр «СКАНЭКС»

msergeeva@scanex.ru

Геосервисы оперативного мониторинга навигационной, инженерно-технической и экологической безопасности морских объектов и акваторий — удобный инструмент для наблюдения, анализа, контроля и обеспечения безопасности судоходства и морехозяйственной деятельности. В основе геосервисов лежит интеграция собственных технологий обработки и интерпретации оперативных спутниковых данных, алгоритмов моделирования и данных АИС ведущих мировых поставщиков.

Сервисы мониторинга навигационно-судовой обстановки помогают контролировать судоходство в районе интереса, пресекать попытки нарушения границ охраняемых зон, получать отчеты о перемещениях судов и искать аварийные суда по материалам космической съемки. Сервисы мониторинга экологического состояния акватории направлены на оперативное обнаружение пленочных загрязнений и их естественных и техногенных источников. Мониторинг ледового состояния акватории позволяет контролировать безопасность судов и объектов в сложных ледовых условиях и отслеживать перемещения айсбергов.

Сервисы просты в использовании. Результаты работы сервисов доступны через веб-интерфейс на базе облачной технологии ScanEx Web GeoMixer® 24 часа в сутки 7 дней в неделю, 365 дней в году. Сервисы разработаны на базе технологии обработки Big Data, а также анализа с использованием нейронных сетей и машинного обучения.

SCANEX MARITIME PORTAL

M.A. Sergeeva

Engineering and Technology Center «SCANEX»

msergeeva@scanex.ru

ScanEx Maritime Portal is a set of geospatial monitoring services providing local intelligence to support shipping, engineering and environmental activities at sea. The services include tools to track, analyze and manage activities to ensure navigational safety, support logistical and asset management planning, and provide maritime situational awareness worldwide.

The services are based on the Company's proprietary technology that integrates near real-time satellite imagery, AIS data, advanced processing algorithms and web-based delivery tools.

The monitoring of navigational and vessel situation helps to control navigation in a particular area of interest, prevent any attempts to violate the borders of protected areas, receive reports on vessel movements and search for vessels in distress through the use of satellite imagery. Environmental monitoring of water areas aims to promptly detect oil slicks and their natural and industrial sources. The monitoring of a water area's ice conditions is intended to monitor the safety of vessels and other facilities in ice-bound conditions and track the movements of icebergs.

The Services are user-friendly. The obtained results are available via a web-based interface powered by ScanEx Web GeoMixer® cloud computing technology. The services are available 365 days per year in a 24/7 mode. The services are based on big data processing and analysis technology, using neural networks and machine learning algorithms.

МОНИТОРИНГ АРКТИЧЕСКИХ АКВАТОРИЙ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

Д.С. Лубнин

Инженерно-технологический центр «СКАНЭКС»

dlubnin@scanex.ru

Проект «Облачная геоинформационная платформа для решения задач мониторинга арктических акваторий методами машинного обучения» посвящен применению методов машинного обучения для распознавания опасных ледовых образований и явлений, информация о расположении которых важна при прокладке маршрутов движения судов. В рамках проекта задействованы 2 категории данных: материалы космической съемки, получаемые с КА радиолокационного наблюдения и данные АИС (автоматическая

идентификационная система судов), которые содержат сведения о местоположении каждого из участников морского движения. Данные АИС в системе анализируются методами машинного обучения с целью выявления судов, попавших в тяжелую ледовую обстановку. В дальнейшем, на окрестности такого судна подбирается космический снимок, для которого выполняется автоматическая классификация ледовой поверхности, тем самым получается карта опасных ледовых явлений, которая может быть использована капитаном судна для выхода из ледового плена.

MONITORING OF THE ARCTIC WATERS USING MACHINE LEARNING METHODS BASED ON REMOTE SENSING DATA OF THE EARTH FROM SPACE

D.S. Lubnin

Engineering and Technology Center «SCANEX»

dlubnin@scanex.ru

The project "Cloud geoinformation platform for solving problems of monitoring the Arctic waters using machine learning methods" is dedicated to the use of machine learning methods for recognizing dangerous ice formations and phenomena, information about the location of which is important when laying ship routes. The project involves 2 categories of data: space imagery materials received from radar surveillance spacecraft and AIS data (Automatic Vessel Identification System), which contain information about the location of each of the participants in maritime traffic. The AIS data in the system is analyzed by machine learning methods in order to identify vessels that have fallen into severe ice conditions. In the future, a satellite image is selected in the vicinity of such a vessel, for which an automatic classification of the ice surface is performed, thereby obtaining a map of hazardous ice phenomena that can be used by the captain of the vessel to exit the ice captivity.

SCIENTIFIC SESSION

НАУЧНАЯ СЕССИЯ

ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ВНЕШНИХ ПОСТАВЩИКОВ В ИНФОРМАЦИОННУЮ СИСТЕМУ РОСКОСМОСА НА ПРИМЕРЕ СПУТНИКОВОГО ЦЕНТРА ДВО РАН

С.Е. Дьяков¹, П.В. Бабяк¹, М.Г. Алексанина^{1,2}

¹Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН

²Дальневосточный Федеральный Университет

sergdkv@gmail.com

Основной целью Государственной информационной системы оперативной поставки данных дистанционного зондирования Земли (ГИС ОПД ДЗЗ) Роскосмоса является реализация простого и единообразного доступа к спутниковым данным как российских, так и мировых архивов, а также к продуктам высокоуровневой обработки в требуемой тематической области. Внешнему участнику системы обеспечивается доступ к архивам спутниковых данных, вычислительным ресурсам Роскосмоса, а также реклама возможностей своих технологий и их использование в общей системе. Ключевым организационным вопросом является минимизация долговременных затрат на интеграцию сервисов как со стороны Роскосмоса, так и со стороны внешних участников. Для интеграции внешней технологии необходимо: установить стороннее программное обеспечение (ПО); создать вариант реализации, использующий возможности ГИС ОПД ДЗЗ; обеспечить интерфейс в соответствии с требованиями ГИС ОПД ДЗЗ. В предоставляемой среде поставщику доступны стандартные компиляторы, что упрощает интеграцию собственного ПО. Сервисы оформляются по стандарту REST API, который поддерживается в среде Python, в рамках которой выполняется интеграция сервисов. Центр коллективного пользования Регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН получил доступ к ГИС ОПД ДЗЗ для размещения своих сервисов. На примере сервиса расчёта композиционных карт температуры поверхности океана (ТПО) получен первый опыт интеграции. Для любой акватории сервис строит ежедневные композиционные карты ТПО, которые соответствуют по точности мировым стандартам и которые сохраняют структуру термических фронтов. При его работе используются одновременно как ресурсы и данные Роскосмоса и Спутникового центра ДВО РАН, так и данные зарубежных информационных систем.

INTEGRATION OF TECHNOLOGIES FOR PROCESSING SATELLITE DATA FROM EXTERNAL PROVIDERS INTO THE INFORMATION SYSTEM OF ROSCOSMOS ON THE EXAMPLE OF THE SATELLITE CENTER OF THE FAR EASTERN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

S.E. Dyakov¹, P.V. Babyak¹, M.G. Aleksanina^{1,2}

¹Institute of Automation and Control Processes FEB RAS

²Far Eastern Federal University

The main purpose of Roscosmos State Information System for the Operational delivery of Remote Sensing Data (GIS OPD remote sensing) is to implement simple and uniform access to satellite data from both Russian and world archives, as well as to high-level processing products in the required thematic area. An external participant of the system is provided with access to satellite data archives, Roscosmos computing resources, as well as advertising the capabilities of its technologies and their use in the common system. The key organizational issue is to minimize long-term costs of integrating services from both Roscosmos and external participants. To integrate external technology, it is necessary to: install third-party software; create an implementation option that uses the capabilities of GIS OPD remote sensing; provide an interface

in accordance with the requirements of GIS OPD remote sensing. Standard compilers are available to the vendor in an integration environment, which simplifies the integration of proprietary software. Services are designed according to the REST API standard, which is supported in the Python environment, within which the integration of services is performed. The Center for Collective Use of Regional Satellite Environmental Monitoring of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences has received access to GIS OPD DDZ to host its services. Using the example of the service for calculating composite maps of sea surface temperature (SST), the first integration experience was obtained. For any sea area, the service builds daily composite maps of SST, which correspond to international standards in accuracy and which preserve the structure of thermal fronts. During its work, both the resources and data of Roscosmos and the Satellite Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, as well as data from foreign information systems, are used simultaneously.

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ПО АНАЛИЗУ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

В.С. Ерёмов¹, В.В. Наумова¹, А.А. Загумёнов^{2,3}

¹Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН

²Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН

³Дальневосточный Федеральный Университет

vitaer@gmail.com

В данной работе рассматриваются разнородные территориально-распределённые вычислительные системы по обработке геологических данных и подходы по организации взаимодействия с этими системами. Исследуемые системы авторами классифицированы на ряд групп, исходя из основных функциональных возможностей и технологических решений. Для каждого типа систем приводится описание их основных свойств, включая возможные способы для взаимодействия.

На основе проведённого анализа предлагается подход по организации единого рабочего пространства с доступом к разнородным территориально-распределённым вычислительным системам в рамках развиваемой авторами экосистемы <https://service.geologyscience.ru/>. Описывается архитектура предлагаемого решения и правила взаимодействия для её участников. Демонстрируется программный прототип, реализующий описываемые принципы на примере нескольких разнородных систем по обработке геологической информации.

This paper discusses heterogeneous geographically distributed computing systems for processing geological data and approaches to organizing interaction with these systems. The systems are classified by the authors into a number of groups based on the main functional capabilities and technological solutions. A description of the main properties for each type of systems is given, including possible ways for interaction.

An approach is proposed for organizing a single workspace with access to heterogeneous geographically distributed computing systems within the ecosystem developed by the authors <https://service.geologyscience.ru/>, based on the analysis. The architecture of the proposed solution and the rules of interaction for its participants are described. A software prototype is demonstrated that implements the described principles on the example of several heterogeneous systems for processing geological information.

РАЗРАБОТКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО УЗЛА ПО ОБРАБОТКЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

А.А. Загумёнов^{1,2}, А.С. Еременко^{1,2}, В.С. Еременко^{1,2,3}, П.В. Бабяк¹

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

²Дальневосточный Федеральный Университет

³Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН

truerikvic@gmail.com

Работа посвящена разработке вычислительно-аналитического узла для обработки спутниковых и пространственных данных для наук о Земле. Приведены предпосылки создания такого рода вычислительного узла и требования к нему при решении, в частности, геологических задач. Выполнен обзор облачных платформ по доступу и обработке спутниковых и пространственных данных, на основе которого разработана концептуальная схема вычислительного узла и определён состав технологий, на которых он строится. Разработанный узел предоставляет средства для поиска данных у внешних облачных провайдеров, их обработки различными встроенными и подключаемыми алгоритмами, а также средства визуализации результатов. Он является самостоятельным веб-сервисом, что позволяет обращаться к данным и алгоритмам их обработки, предоставляемым вычислительным, широкому кругу пользователей, в том числе интегрировать его в другие информационные системы как стороннее приложение для обработки спутниковых и пространственных данных.

DEVELOPMENT OF COMPUTING AND ANALYTICAL NODE FOR PROCESSING SATELLITE DATA

A.A. Zagumennov^{1,2,3}, A.S. Eremenko^{1,2,3}, V.S. Eremenko^{1,2,3}, P.V. Babyak¹

¹Institute of Automation and Control Processes FEB RAS

²Far Eastern Federal University

³Vernadsky State Geological Museum of RAS

The work is devoted to the development of a computing node for processing satellite and spatial data for earth sciences. The prerequisites for the creation of such a computing node and the requirements for it to solve geological problems are given. An overview of cloud platforms for access to satellite and spatial data and its processing has been presented. Based on the overview a conceptual diagram of a computing node has been proposed and the list of modern technologies required for building it has been determined. The developed node provides tools for searching data from external cloud providers, processing them with various built-in and custom algorithms, as well as tools for visualizing the results. It is an independent web service, which allows a wide range of users to access data and processing algorithms provided by computing node, including integrating it into other information systems as a third-party application for processing satellite and spatial data.

ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ЗНАНИЯМИ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

М.И. Патук, В.В. Наумова

Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН

patuk@mail.ru

В работе описаны новые подходы сбора данных о научных публикациях из систем открытого доступа с тематикой Науки о земле. На основе разработанных и адаптированных подходов создан архив научных публикаций (репозиторий) и комплекс программ доступа к научным публикациям для сбора, поиска, фильтрации, каталогизации и управления публикациями и их метаданными. Для улучшения доступности публикаций и других связанных с ними данных, находящихся на сайтах ГГМ РАН, разработана система Wiki – Геология России. Данная система является тематическим рубрикатором по направлению «Месторождения полезных ископаемых России», с дополнительной тематикой «Минералогия». Все статьи в обязательном порядке имеют ссылку на источник информации из архива научных публикаций и, опционально, дополнительные ссылки по сходной тематике. Wiki – Геология России являются первым шагом в создании базы знаний по месторождениям полезных ископаемых.

BUILDING A DIGITAL GEOLOGICAL KNOWLEDGE MANAGEMENT SYSTEM TO SUPPORT SCIENTIFIC RESEARCH

M.I. Patuk, V.V. Naumova

V. I. Vernadsky State geological museum of RAS

patuk@mail.ru

The paper describes new approaches to collecting data on scientific publications from open access systems with the subject of Earth Science. Based on the developed and adapted approaches, an archive of scientific publications (repository) and a set of programs for accessing scientific publications for collecting, searching, filtering, cataloging and managing publications and their metadata have been created. In order to improve the availability of publications and other related data on the websites of the SGM RAS, the Wiki – Geology of Russia system has been developed. This system is a thematic rubric in the direction of "Mineral deposits of Russia", with an additional topic "Mineralogy". All articles must have a link to the source of information from the archive of scientific publications and, optionally, additional links on similar topics. Wiki – Geology of Russia is the first step in creating a knowledge base on mineral deposits.

РАЗВИТИЕ WEB-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ГИС «ACTIVETECTONICS» КАК БАНКА ДАННЫХ ИНФОРМАЦИИ ПО АКТИВНОЙ ТЕКТОНИКЕ ЮГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

А.А. Гладков^{1,2}, О.В. Лунина¹

¹ГАУ ДО ИО "Центр развития дополнительного образования детей", детский технопарк "Кванториум Байкал"

²Институт земной коры СО РАН

anton90ne@rambler.ru

Коллективом авторов настоящей работы разрабатывается и модернизируется web-ориентированная геоинформационная система «ActiveTectonics» (доступна в открытом доступе по адресу <http://activetectonics.ru>).

В состав ГИС входят базы данных активных разломов и сейсмогенных разрывов и набор инструментов для их визуализации на карте, генерации детализированных отчетов, обновления и редактирования данных в режиме on-line. Базы данных содержат детальную информацию по многим изученным тектоническим структурам, включая параметрические данные, связанные изображения и фотографии, публикации, комментарии специалистов и

мн. др., вся информация доступна любому заинтересованному пользователю. Доступ к модулю редактирования и добавления информации осуществляется только для зарегистрированных пользователей через систему аутентификации.

При разработке геоинформационной системы авторами учитывается опыт зарубежных и отечественных и используется современный набор средств разработки web-ориентированных систем и геопространственных баз данных.

Предлагаемый программный продукт может использоваться специалистами при проведении работ по оценке сейсмической опасности, для создания, обработки и комплексного анализа баз данных по активной тектонике различных регионов России, а при дальнейшем развитии - для моделирования распространения сейсмического эффекта и прогнозирования возможных последствий землетрясений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 20-45-385001 р_Наставник.

DEVELOPMENT OF THE WEB-ORIENTED GIS "ACTIVETECTONICS" AS A DATA BANK OF INFORMATION ON THE ACTIVE TECTONICS OF THE SOUTHERN OF EASTERN SIBERIA

A.A. Gladkov², O.V. Lunina¹

¹ Center for the Development of Continuing Education of Children, Ministry of Education of Irkutsk Region

²Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of RAS

anton90ne@rambler.ru

The team of authors of this work is developing and modernizing the web-based geoinformation system "ActiveTectonics" (available in the public domain at <http://activetectonics.ru>).

The GIS includes databases of active faults and seismogenic ruptures and a set of tools for their visualization on the map, generating detailed reports, updating and editing data on-line. The databases contain detailed information on many studied tectonic structures, including parametric data, related images and photographs, publications, expert comments, and more. etc., all information is available to any interested user. Access to the module for editing and adding information is carried out only for registered users through the authentication system.

When developing a geographic information system, the authors take into account the experience of foreign and domestic and use a modern set of tools for developing web-oriented systems and geospatial databases.

The proposed software product can be used by specialists in seismic hazard assessment, to create, process and comprehensively analyze databases on active tectonics of various regions of Russia, and, with further development, to model the propagation of a seismic effect and predict the possible consequences of earthquakes.

ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ГЕОНАВИГАЦИИ В СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

A.B. Галкина, М.Ю. Лисицина, Т.Р. Рахимов

ОАО "Институт геологии и разработки горючих ископаемых"

GalkinaAV@igirgi.rosneft.ru

Решается задача о позиционировании ствола скважины (долота) относительно границ целевого интервала при геонавигации. В настоящей работе мы предлагаем 2

методики: для автоматического выделения контрастных границ по данным азимутального каротажа с использованием технологий компьютерного зрения и для обнаружения повторяющихся интервалов по данным ГИС на основе анализа временных рядов для уточнения положения ствола скважины относительно границ целевого пласта при геологическом сопровождении бурения горизонтальных скважин. Мы показываем, что применение предлагаемых методик позволяет оперативно реагировать на изменения и вносить корректировки в плановую траекторию бурения в режиме реального времени, что в свою очередь минимизирует неэффективную проходку и позволяет получить экономический эффект. Разработанные алгоритмы были опробованы на реальных данных и показали точность на уровне 80%.

PROBLEM SOLVING APPROACHES FOR GEOSTEERING UNDER COMPLEX GEOLOGICAL CONDITIONS

A.V. Galkina, M.Y. Lisitsyna, T.R. Rakhimov

Institute of Geology and Development of Fossil Fuels

GalkinaAV@igirgi.rosneft.ru

The problem of positioning the wellbore against target interval boundaries in geosteering is being solved. In this paper, we propose two methods: automatic «smiling» patterns extraction from azimuthal logging data using computer vision technologies and repeating patterns detection from well logging data based on time series analysis to clarify the position of the wellbore against boundaries of the target interval during horizontal wells geosteering. We demonstrate that proposed methods significantly help to react promptly to drilling condition changes and to adjust the borehole position in real time, which in turn minimizes inefficient penetration and results in the economic benefit. The developed algorithms were tested on real data and got an 80% accuracy.

ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЦКП «ИКИ - МОНИТОРИНГ» В ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ «ИВМ РАН – ЧЕРНОЕ МОРЕ»

Н.Б. Захарова, В.И. Агошков, Е.И. Пармузин, Т.О. Шелопут, Н.Р. Лёзина

Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН

zakharova_nb@mail.ru

Решение задач математического моделирования во многом зависит от численных моделей исследуемых сред и эффективного использования данных наблюдений, повышающих точность расчетов. Современные технологии позволяют получать большое количество данных о состоянии морских акваторий. В данной работе при моделировании Черного и Азовского морей используются данные дистанционного зондирования ЦКП «ИКИ-Мониторинг» (Лурия др., 2015) и процедуры вариационной ассимиляции данных в численной модели гидротермодинамики (Zalesny et al., 2012; Agoshkov et al., 2019) и ИВС «ИВМ РАН - Черное море» (Агошков и др., 2016).

Разработан блок обработки данных с учетом возможностей программно-аппаратного комплекса ЦКП и специфики предоставляемых данных, настроены процедуры ассимиляции данных в численной модели гидротермодинамики Черного и Азовского морей. Рассчитан и интегрирован в ЦКП реанализ основных гидрофизических параметров.

Интеграция двух систем: ЦКП «ИКИ - Мониторинг» и ИВС «ИВМ РАН – Черное море» позволяет с одной стороны построить систему вариационной ассимиляции данных с постоянным источником данных наблюдений за исследуемой морской средой. С другой стороны – добавить результаты численного моделирования в информационную систему See

the Sea (Loupian et al., 2012) для решения междисциплинарных задач исследования Мирового океана.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 19-71-20035).

INTEGRATION OF THE OBSERVATION DATA OF THE “IKI – MONITORING” CENTER INTO THE INFORMATIONAL COMPUTATIONAL SYSTEM “INM RAS - BLACK SEA”

N.B. Zakharova, V.I. Agoshkov, E.I. Parmuzin, T.O. Sheloput, N.R. Lezina

Marchuk Institute of Numerical Mathematics of RAS

zakharova_nb@mail.ru

The solution of mathematical modeling problems largely depends on numerical models and the effective use of observation data that increase the accuracy of calculations. Modern technologies make it possible to obtain a large amount of data on the state of marine areas. In this work remote sensing data from the “IKI-Monitoring” Center for collective use (CCU) (Loupian et al., 2015) and procedures for variational data assimilation in a numerical model of hydrothermodynamics (Zalesny et al., 2012; Agoshkov et al., 2019) and ICS "INM RAS - Black Sea" (Agoshkov et al., 2016) are used in the modeling of the Black and Azov Seas.

A data processing unit has been developed taking into account the capabilities of the CCU and the specifics of the data provided. Procedures for data assimilation in the numerical model of hydrothermodynamics of the Black and Azov Seas have been set up. A reanalysis of the main hydrophysical parameters has been calculated and integrated into the CCU.

Integration of two systems: CCU "IKI - Monitoring" and ICS "INM RAS – Black Sea" allows one on the one hand, to build a system of variational data assimilation with a permanent source of observation data for the studied marine environment. On the other hand, to add the results of numerical modeling to the informational system “See the Sea” system (Loupian et al., 2012) to solve interdisciplinary problems of the World Ocean research.

The work is supported by the Russian Science Foundation (project №19-71-20035).

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕНТРА КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ «ИКИ-МОНИТОРИНГ» ДЛЯ МОНИТОРИНГА ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

А.М. Константинова¹, Е.А. Лупян¹, О.Ю. Панова², В.П. Саворский²

¹Институт космических исследований РАН

²Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А Котельникова РАН

savor@inbox.ru

Одной из актуальных проблем современности является мониторинг кумулятивного (накопленного) долговременного влияния крупных источников антропогенных загрязнений (КИАЗ) на окружающую среду. Эту проблему практически невозможно решить без использования дистанционных, и в первую очередь спутниковых методов, позволяющих получать однородную объективную информацию о состоянии растительного покрова, воздушной и водной среды таких территорий на протяжении десятилетий и, таким образом, проводить мониторинг окружающих КИАЗ территорий. В данном докладе представлены основные возможности организации такого мониторинга, описана созданная на основе ЦКП «ИКИ-Мониторинг» (<http://ckp.geosmis.ru>) экспериментальная система

дистанционного мониторинга районов расположения различных КИАЗ. Информационные возможности системы имеют открытые (в т.ч. с возможностью их онлайн-модификации и настройки) алгоритмы обработки спутниковых данных, обеспечивающие анализ данных многолетнего мониторинга объектов окружающей среды. Важно отметить, что кратко представленная в докладе экспериментальная система дистанционного мониторинга районов расположения КИАЗ уже сегодня используется для анализа состояния различных территорий России с различными типами КИАЗ.

POSSIBILITIES OF USING THE COLLECTIVE USE CENTER "IKI-MONITORING" FOR MONITORING THE IMPACT OF MINING INDUSTRY FACILITIES ON THE ENVIRONMENT

A.M. Konstantinova¹, E.A. Loupian¹, O.Yu. Panova², V.P. Savorskiy²

Space Research Institute RAS

Kotelnikov Institute of Radioengineering and Electronics RAS, Fryazino Branch

savor@inbox.ru

One of the urgent problems of our time is monitoring the cumulative (accumulated) long-term impact of large sources of anthropogenic pollution (LSAP) on the environment. This problem is practically impossible to solve without the use of remote, and primarily satellite, methods, which allow obtaining homogeneous objective information about the state of the vegetation cover, air and water environment of such territories for decades and, thus, monitoring the territories surrounding LSAP. This report presents the main possibilities of organizing such monitoring and describes an experimental system for remote monitoring of the areas where various LSAP are located. The system was created on the basis of the Collective use Center (CUC) "IKI-Monitoring" (<http://ckp.geosmis.ru>). The information capabilities of the system have open (including with the possibility of their online modification and configuration) satellite data processing algorithms that provide analysis of data from long-term monitoring of environmental objects. It is important to note that the experimental system of remote monitoring of the areas where LSAP are located, presented in the report, is already used today to analyze the state of various territories of Russia with different types of LSAP.

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ЗОНЫ

А.П. Григорюк¹, Л.П. Брагинская¹, И.К. Семинский², В.В. Ковалевский¹

¹Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН

²Институт земной коры СО РАН

and@opg.sccc.ru

В настоящей работе представлена цифровая платформа для данных комплексного мониторинга опасных геодинамических, инженерно-геологических и гидрогеологических процессов, протекающих в регионе интенсивного природопользования центральной экологической зоны Байкальской природной территории (ЦЭЗ БПТ). Платформа предназначена для интеграции и анализа данных, поступающих с нескольких полигонов, расположенных в пределах ЦЭЗ БПТ с целью оценки состояния геологической среды и прогнозирования проявлений опасных процессов. Платформа построена по клиент-серверной архитектуре. Хранение, обработка и анализ данных осуществляется на сервере, к которому пользователи могут обращаться через интернет посредством веб-браузера. Блочная структура сервера позволяет легко расширять набор процедур обработки и анализа

данных, а также визуализации результатов. В настоящее время доступны несколько методов фильтрации данных (линейная частотная, Савицкого-Голея и другие), различные методы спектрального и вэйвлет-анализа, мультифрактальный и энтропийный анализ, анализ пространственных данных. Цифровая платформа была опробована на реальных данных.

DIGITAL PLATFORM FOR INTEGRATION AND ANALYSIS OF GEOPHYSICAL MONITORING DATA OF THE BAIKAL NATURAL TERRITORY

A.P. Grigoryuk¹, L.P. Braginskaya¹, I.K. Seminsky², V.V. Kovalevsky¹

¹The Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics

²The Institute of the Earth's Crust

and@opg.sccc.ru

This paper presents a digital platform for complex monitoring data of hazardous geodynamic, engineering-geological and hydrogeological processes occurring in the region of the Central Ecological Zone of the Baikal Natural Territory (CEZ BNT) intensive nature management. The platform is intended for integration and analysis of data coming from several polygons located within the CEZ BPT in order to assess the state of the geological environment and forecast of hazardous processes manifestation. The platform is built on a client-server architecture. Storage, processing and analysis of data is carried out on a server which users can access via the Internet using a web browser. The block structure of the server makes it easy to expand the set of procedures for data processing and analysis, as well as the results visualization. Several data filtering methods (linear frequency filter, Savitzky-Golay filter and others), various methods of spectral and wavelet analysis, multifractal and entropy analysis, spatial data analysis are currently available. The digital platform was tested on real data.

DDLAFS - QGIS PLUGIN FOR DOMINANT DIRECTIONS OF THE LOCAL ACTIVE FAULT SYSTEM ESTIMATION

I. Emelyanov¹, A. Nekrasova^{2,3}

¹MIREA - Russian Technological University

²Institute of Earthquake Prediction Theory and Mathematical Geophysics RAS

³Schmidt institute of Physics of the Earth RAS

nastia@mitp.ru

QGIS is a commonly used open-source geographic information system. The DDLAFS is the plugin in Python. It is developed as a collection of functions that allow one to calculate the dominant strike value of the regional active fault system, note that it can be a number of optional directions. The plugin provides an estimate of the dominant directions of the local active fault system within the certain distance from specific point object g . The set of g objects can be the main shock epicentres, seismogenic nodes, regular grid points and etc. We consider Wells and Coppersmith, 1994 earthquake linear dimensions for evaluating the radius R of the circle area. In the WGS84 geographical coordinate system the Vincenty, 1975 area with radius R , and center g outlines the linear objects from active fault database. The accumulated lengths of the fault segments are estimated for each of n direction bin. Therefore, a given g can be associated with n directions with the empirical probability density distribution of the fault azimuths $\{\psi_i, p_i \mid i = 1, \dots, n; \sum p_i = 1\}$. The DDLASF plugin is designed as the part of an anisotropic model of the seismic impact in terms of macroseismic intensity by Nekrasova and Kossobokov, 2022.

References

Nekrasova A., Kossobokov V., 2022, The Lake Baikal Region anisotropic seismic impact modelling for realistic assessment of associated risks and disaster scenarios. S07, 1213, 3 ECEES: The Third European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Palace of the Parliament – Bucharest International Conference Centre, Bucharest, Romania, September 4-9, 2022

Wells, D.L., Coppersmith K.J., 1994, New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. Bull. Seismol. Soc. Am. 1994, 84, 974-1002.

Vincenty, Thaddeus, Direct and Inverse Solutions of Geodesics on the Ellipsoid with application of nested equations, 1975, Survey Review. XXIII (176): 88–93. DOI:10.1179/sre.1975.23.176.88.

ПРОЯВЛЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЙ МАГНИТОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В СРЕДНИХ ШИРОТАХ

*Я.А. Сахаров¹, С.А. Золотой⁴, А.М. Мёрзлый^{2,3}, И.А. Моисеев², О.В. Никифоров²,
А.А. Петрукович², А.М. Садовский², В.Н. Селиванов⁵, А.Т. Янаков²*

¹Полярный геофизический институт

²Институт космических исследований РАН

³Совет по космосу РАН

⁴НИРУП «Геоинформационные системы»

⁵ФИЦ Кольский научный центр РАН

sakharov@pgia.ru

Сильные и сверхсильные магнитные бури на Земле являются наиболее значительным проявлением активности Солнца. Во время сильных магнитосферных возмущений меняется распределение магнитного поля во внутренней магнитосфере, возрастают потоки высыпающихся заряженных частиц, изменяется структура электрического поля, что приводит к усилению ионосферных токов не только в авроральных, но и в субавроральных и средних широтах. Терминальным эффектом этих процессов может явиться не только изменение характеристик ионосферного распространения радиоволн, но и возбуждение геоиндуктированных токов (ГИТ) в токопроводящих системах, таких, как линии электропередач, кабели связи, магистральные трубопроводы. Внезапное нарушение штатного режима работы наземных технологических систем под воздействием факторов космической погоды способно привести к значительным экономическим потерям.

В докладе по опубликованным данным проведен анализ возможного воздействия сильных магнитосферных возмущений на наземные технологические системы, в первую очередь, линии электропередач и системы энергораспределения, расположенные в средних широтах. По результатам анализа сделан вывод о необходимости расширения сети современных наземных систем регистрации магнитосферных возмущений в зону средних широт.

MANIFESTATION OF THE EFFECTS OF MAGNETOSPHERIC PERTURBATIONS AT THE MIDDLE LATITUDE

*Ya.A. Sakharov¹, S.A. Zolotoy⁴, A.M. Merzly^{2,3}, I.A. Moiseev², O.V. Nikiforov²,
A.A. Petrukovich², A.M. Sadovskiy², V.N. Selivanov⁵, A.T. Yanakov²*

¹ FGBNU Polar Geophysical Institute (PGI, Russia)

² Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences IKI

³ Space Council RAS

⁴ NIRUP " Geoinformation systems"

⁵ Federal Research Center Kola Scientific Center of RAS

sakharov@pgia.ru

Strong and super-strong magnetic storms on Earth are the most significant manifestation of solar activity. During strong magnetospheric disturbances, the distribution of the magnetic field in the inner magnetosphere changes, the fluxes of precipitating charged particles increase, and the structure of the electric field changes, which leads to an increase in ionospheric currents not only in auroral, but also in subauroral and middle latitudes. The terminal effect of these processes can be not only a change in the characteristics of the ionospheric propagation of radio waves, but also the excitation of geomagnetically induced currents (GIC) in conductive systems, such as power lines, communication cables, main pipelines. A sudden disruption of the normal operation of ground-based technological systems under the influence of space weather factors can lead to significant economic losses.

Based on published data, the report analyzes the possible impact of strong magnetospheric disturbances on terrestrial technological systems, primarily power lines and power distribution systems located in mid-latitudes. Based on the results of the analysis, it was concluded that it is necessary to expand the network of modern ground-based systems for recording magnetospheric disturbances to the mid-latitude zone.

ЗАДАЧИ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МАНТИЙНЫХ ПЛЮМОВ

А.Н. Четырбоцкий

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН

chetyrbotsky@yandex.ru

При рассмотрении динамики мантийных течений характер изменений погружений океанических плит (нисходящие ветви течений) не является однозначным. В одних случаях они не пересекают границу нижней мантии и принимают почти горизонтальное направление, а в других - уходят на большие глубины и достигают ядра Земли. Динамика восходящей ветви характеризуется уравнениями Стокса, где ее движущей силой выступает температура. Суть механизма ее формирования обычно не рассматривается, а принимается уже заданным. В реальности же его «топливом» выступают циркулирующие насыщенные газами растворы (флюиды), посредством которых создается подъемная сила восходящей ветви. А материалом – присутствующие на границе ядро-мантия отдельные части нисходящих ветвей. Модель динамики восходящей ветви мантийной динамики принимает вид

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \cdot (\rho_* \nabla u) = 0 \\ \nabla \cdot (\eta \nabla u) - \nabla p = \delta \rho g \delta_{i3} \\ \delta \rho = -\alpha \rho (T - T_a) + \beta p - \gamma C \\ C_t + (u \cdot \nabla) C + \nabla \cdot [b(T) C] = \nabla \cdot (k_C \nabla C) + a \nabla \cdot \rho \\ \rho_* c_p [T_t + (u \cdot \nabla) T] = \nabla \cdot (k_T \nabla T) - \alpha \rho_* g T u_3 + \rho H + \phi \end{array} \right.$$

где $\rho, \rho_*, u, \eta, p, T$ плотность среды; плотность плюма, его скорость, давление и температура; T_a адиабатическая температура; C плотность смеси летучих газов; α, β коэффициенты термического расширения и сжимаемости; H, ϕ функции плотностей тепловых источников и диссипации.

PROBLEMS OF MANTLE PLUMES NUMERICAL MODELING

A.N. Chetyrbotsky

Far Eastern Geological Institute FEB RAS

chetyrbotsky@yandex.ru

When considering the mantle flows, the nature of changes in the dives of oceanic plates (descending branches of currents) is not unambiguous. In some cases, they do not cross the boundary of the lower mantle and take an almost horizontal direction, while in others they go to great depths and reach the core of the Earth. The dynamics of the ascending branch is characterized by Stokes equations, where its driving force is temperature. The essence of the mechanism of its formation is usually not considered, but is accepted as already set. In reality, its "fuel" is circulating solutions saturated with gases (fluids), through which the lifting force of the ascending branch is created. And the material is the individual parts of the descending branches present at the core–mantle boundary. The model of the dynamics of the ascending branch of mantle dynamics takes the form

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \cdot (\rho_* \nabla u) = 0 \\ \nabla \cdot (\eta \nabla u) - \nabla p = \delta \rho g \delta_{i3} \\ \delta \rho = -\alpha \rho (T - T_a) + \beta p - \gamma C \\ C_t + (u \cdot \nabla) C + \nabla \cdot [b(T) C] = \nabla \cdot (k_C \nabla C) + a \nabla \cdot \rho \\ \rho_* c_p [T_t + (u \cdot \nabla) T] = \nabla \cdot (k_T \nabla T) - \alpha \rho_* g T u_3 + \rho H + \phi \end{array} \right.$$

where $\rho, \rho_*, u, \eta, p, T$ is the density of the medium; the density of the plume, its velocity, pressure and temperature; T_a is the adiabatic temperature; C is the density of a mixture of volatile gases; α, β are the coefficients of thermal expansion and compressibility; H, ϕ are the functions of the densities of thermal sources and dissipation.

СОЗДАНИЕ КАРТЫ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В СОСТАВЕ ГИС-ПАКЕТА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ЛИСТОВ Q-41, Q-42, R-42, R-43 МАСШТАБА 1 : 1 000 000

*Д.С. Дроздов^{1,2}, Ю.В. Коростелев^{1,2}, Г.В. Малкова^{1,2}, Б.М. Крестин², Д.В. Сироткин²,
Е.И. Пижанкова^{2,3}, А.А. Попова⁴*

¹Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН

²Федеральный центр государственного мониторинга и региональных работ ФГБУ
Гидроспецгеология

³Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

⁴ООО «Северные Изыскания»

ds_drozdov@mail.ru

galina_malk@mail.ru

При создании комплекта гидрогеологических и инженерно-геологических карт масштаба 1:1 000 000 группы листов, расположенных в криолитозоне, были разработаны ГИС-карты геокриологических условий, отражающие современное представление об основных мерзлотных характеристиках пород, таких как характер распространения и мощность многолетнемерзлых пород (ММП), среднегодовая температура и суммарная льдистость ММП, глубина сезонного протаивания и промерзания пород, распространение криогенных процессов и явлений.

Картографирование основывалось на обобщении имеющихся геокриологических данных и анализе влияния факторов природной обстановки на формирование мерзлотных условий с учетом широтных закономерностей и локальных особенностей. Обзорные мелкомасштабные карты носят, как правило, общий характер и отражают изменчивость заданных характеристик обширной территории. Основой для их составления являются карты более крупного масштаба, а также весь имеющийся фактический материал о геологических, ландшафтных и геокриологических условиях территории.

При разработке ГИС-карты геокриологических условий были подготовлены покомпонентные слои и макеты, и комплексная геокриологическая карта, отражающая все параметры ММП. Назначением геокриологической карты является полная характеристика геокриологических условий как приповерхностной 10-20-метровой грунтовой толщи, так и толщи горных пород на всю мощность криолитозоны. В первом случае информация достаточна для предварительной оценки экологических и геокриологических условий и планирования мероприятий, связанных с наземными видами строительства и охраной природной среды, во второй – с разведкой и добычей глубокозалегающих полезных ископаемых.

CREATING A MAP OF GEOCRYOLOGICAL CONDITIONS AS PART OF A GIS-PACKAGE OF ENGINEERING-GEOLOGICAL MAPS OF SHEETS Q-41, Q-42, R-42, R-43, SCALE 1 : 1 000 000

*D.S. Drozdov^{1,2}, Y.V. Korostelev^{1,2}, G.V. Malkova^{1,2}, B.M. Krestin², D.V. Sirotkin²,
E.I. Pizhankova^{2,3}, A.A. Popova⁴*

¹Earth Cryosphere Institute of the Tyumen Scientific Center of the SB RAS

²Federal Center for State Monitoring and Regional Works of the Federal State Budgetary Institution Gidrospetsgeologiya

³Geological Faculty of Lomonosov Moscow State University

⁴LLC "Northern Surveys"

ds_drozdov@mail.ru

galina_malk@mail.ru

GIS maps of modern geocryological conditions were developed while creating sets of hydrogeological and engineering-geological maps of a 1:1 000 000 scale for a group of sheets located in the cryolithozone. They describe the current understanding of the distribution of the main characteristics of frozen rocks and soils, such as the extent and thickness of permafrost layer, the average annual temperature and ice content, the depth of active layer, the activity of cryogenic processes.

Mapping was based on generalization of available geocryological data and analysis of the influence of environmental factors on the formation of permafrost conditions, taking into account latitudinal patterns and local features. Overview small-scale maps of the global and regional levels

usually reflect the general variability of the given characteristics of a large area. The basis for their compilation are maps of a larger scale, as well as all available data on the geological, landscape and geocryological conditions of the territory.

While developing the geocryological GIS-map, component-by-component layers and layouts and as well as a comprehensive geocryological map reflecting all the parameters of the permafrost were prepared. The purpose of the geocryological map is a complete description of the geocryological conditions of both the near-surface soil layer of 10-20 m thickness and the entire permafrost layer. In the first case, the information is sufficient for a preliminary assessment of environmental and geocryological conditions when planning the development of industries related to land-based construction and environmental protection, in the second – with the exploration and extraction of deep-lying deposits.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВЫСОТЫ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАКОВ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ MODIS

А.В. Скороходов, К.В. Курьянович

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН

vazime@yandex.ru

Высота нижней границы облаков является одной из наиболее важных характеристик, изучаемых в климатологии и метеорологии. Традиционным подходом к оцениванию искомого параметра облачности является использование наземных светолокационных и лазерных регистраторов. Основными недостатками указанного способа к определению высоты нижней границы облаков являются локальность измерений и редкая приборная сеть. Это делает невозможным оперативный мониторинг искомого параметра облачности в глобальном масштабе. Очевидным решением является использование результатов дистанционного зондирования Земли из космоса. Регулярный спутниковый мониторинг высоты нижней границы облаков осуществляется только лидаром CALIOP (CALIPSO) и радаром CPR (CloudSat). Однако низкая периодичность съемки и узкая ширина полосы обзора делает оперативную оценку искомого параметра ими неэффективной. Поэтому сегодня активно развиваются методы восстановления высоты нижней границы облаков по данным пассивного спутникового зондирования оптическими радиометрами. Существуют два основных подхода в этой области: 1) использование статистических взаимосвязей между искомым параметром и другими характеристиками облачности, например, водозапаса, 2) применение концепции «донор-реципиент», согласно которой результаты активных измерений высоты нижней границы облаков лидарами и/или радаром экстраполируются на синхронные данные пассивного зондирования. В докладе рассматривается гибридный метод оценки искомого параметра облачности по данным MODIS на основе использования искусственной нейронной сети.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 21-71-10076, <https://rscf.ru/project/21-71-10076/>).

ESTIMATION OF THE BASE HEIGHT FOR VERTICAL DEVELOPMENT CLOUDS BY MODIS SATELLITE DATA

A.V. Skorokhodov, K.V. Kuryanovich

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS

vazime@yandex.ru

Cloud base height is one of the most important parameters studied in climatology and meteorology. The traditional approach to estimating this cloud parameter is the use of ground-

based light-location and laser altimeters. The main disadvantages of this method for retrieving the cloud base height are the locality of measurements and a rare instrumental network. This makes it impossible to quickly observe the studied cloud parameter on a global scale. The obvious solution is to use the results of remote sensing of the Earth from space. Regular satellite observation of the cloud base height is carried out only by the CALIOP (CALIPSO) lidar and the CPR (CloudSat) radar. However, the low periodicity and narrow swath width make their prompt assessment of the studied cloud parameter inefficient. Therefore, methods for retrieving the cloud base height based on passive satellite sounding by optical radiometers are being actively developed today. There are two main approaches in this area: 1) the use of statistical relationships between the studied parameters and other cloud features, such as waterpath, 2) the use of the “donor-recipient” concept, in which the results of active observations of the cloud base height by lidars and/or radars are extrapolated to synchronous passive sounding data. The report discusses a hybrid method for retrieving the studied cloud parameter from MODIS data based on the use of an artificial neural network.

The work was supported by the Russian Science Foundation (grant no. 21-71-10076, <https://rscf.ru/project/21-71-10076/>).

TECHNOLOGIES AND PRINCIPLES OF DATA COLLECTION AND PROCESSING FOR THE ATMOSPHERIC AIR STATE MONITORING SYSTEM

A.A. Kadochnikov

Institute of Computational Modelling SB RAS

scorant@icm.krasn.ru

Air pollution is a threat to the natural environment and human health. Today, the problem of air pollution is given much attention by the authorities and the population. In Russia, there is a federal monitoring system for atmospheric air, which provides its assessment for a number of characteristics, as well as provides a forecast and prescriptions for government. In Russia and other countries, in addition to air quality monitoring carried out by federal organizations, public monitoring is also carried out by independent organizations and interested citizens. Public monitoring and the availability of simple air quality measurement tools in recent years has led to the emergence of an alternative network that provides accessible and more detailed data. The paper considers the task of developing and supporting a specialized system for ecological monitoring of the state of the natural environment and resources, built on the basis of GIS technologies, the Internet, processing remote sensing data and data from stationary and mobile observation stations. The main attention is paid to the description of problems and solutions related to the development of web services and applications for the collection, processing and operational assessment of data on air pollution on the example of the Krasnoyarsk region and the city of Krasnoyarsk.

ПОИСКИ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ПРИБАЙКАЛЬЕ НА ОСНОВЕ СОПОСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ ЭМАНАЦИОННОГО, ДЕФОРМАЦИОННОГО И МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

*К.Ж. Семинский¹, А.А. Бобров¹, А.А. Михайлов², С.А. Борняков¹, И.К. Семинский¹,
А.В. Поспеев¹, Д.В. Салко¹*

¹Институт земной коры (СО РАН, Россия)

²Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН

seminsky@crust.irk.ru

Данные комплексного геодинамического мониторинга были использованы для выявления предвестников опасных землетрясений ($M > 5$) в Прибайкалье. Мониторинг проводится на полигоне «Бугульдейка» и включает систематические измерения параметров радонового, деформационного и магнитотеллурического полей. Поиск предвестников осуществлялся по отношению к двум землетрясениям, которые недавно произошли в Байкальском рифте: Быстринское (21.09.2020; $M=5.4$) и Кударинское (09.12.2020; $M=5.5$). Вначале были визуально определены общие тренды временных вариаций и отклонения от них для каждого вида данных. Примерно за месяц до Кударинского землетрясения такие отклонения произошли во всех трех полях. Затем была построена регрессионная модель на основе деревьев решений для временного ряда эманаций радона. Модель обучалась предсказывать значение концентрации почвенного радона (Q) по трем основным параметрам (концентрация радона, атмосферное давление и температура), а также в производных от них статистических характеристиках. В итоге модель научилась обобщать данные измерений Q на полигоне «Бугульдейка» со средней абсолютной ошибкой 35,14. Было установлено два максимума (ошибка – более 200), которые близки по времени к моментам Быстринского и Кударинского землетрясений. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования комплекса радоновых, деформационных и магнитотеллурических данных, а также методов машинного обучения для разработки основ среднесрочного прогноза опасных землетрясений в Прибайкалье.

IDENTIFICATION OF PRECURSORS FOR EARTHQUAKES IN THE BAIKAL REGION BASED ON A COMPARISON OF RADON, STRAIN AND MAGNETOTELLURIC MONITORING DATA USING ELEMENTS OF COMPUTATIONAL INTELLIGENCE

K.Zh. Seminsky¹, A.A. Bobrov¹, A.A. Michailov², S.A. Bornyakov¹, I.K. Seminsky¹, A.V. Pospeev¹, D.V. Salko¹

¹The Institute of the Earth's Crust SB RAS

²Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory SB RAS

seminsky@crust.irk.ru

The data of complex geodynamic monitoring were used to identify the precursors of dangerous earthquakes ($M > 5$) in the Baikal region. Monitoring is organized at the “Buguldeika” test site and includes measurements of the parameters of radon, strain and magnetotelluric fields. The search for precursors was carried out in relation to two earthquakes that recently occurred in the Baikal Rift: Bystraya (09/21/2020; $M=5.4$) and Kudara (12/09/2020; $M=5.5$). At the beginning general trends in temporary variations and deviations from them for each type of data were visually determined. These deviations occurred in three fields about a month before the Kudara earthquake. Then a regression model was compiled based on “Random Forest Regressor” implemented by Scikit-learn for prediction of the temporary radon emanations. The model was trained to predict the value of soil radon concentration (Q) in three main parameters (radon concentration, atmospheric pressure and temperature), as well as in the statistical characteristics calculated from them. As a result, the model learned to generalize Q measurements at the “Buguldeyka” test site with an MAE of 35.14. Two maxima ($MAE > 200$) were established, which are close in time to the moments of the Bystraya and Kudara earthquakes. The results indicate the promise of using a complex of radon, strain and magnetotelluric data, as well as ML methods for developing the foundations for a medium-term forecast of dangerous earthquakes in the Baikal region.

ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА ТОНГО 15 ЯНВАРЯ 2022 ГОДА

А.А. Добрынина^{1,2}, В.А. Саньков^{1,3}, Н.А. Радзиминович¹, С.А. Борняков¹

¹Институт земной коры СО РАН

²Геологический институт СО РАН

³Иркутский государственный университет

dobrynina@crust.irk.ru

Извержение вулкана в Тонга (Тихий океан) 15 января 2022 г. ($m_s=5.8$) сгенерировало мощные атмосферные (инфразвуковые, Лэмба, акустико-гравитационные) и сейсмические волны, распространившиеся по всему Земному шару. По данным пунктов сейсмического и геофизического мониторинга и мониторинга уровня оз. Байкал (расположены на расстоянии $\sim 100.6^\circ$ от эпицентра) были зарегистрированы как атмосферные, так и литосферные возмущения, вызванные извержением. Поверхностные сейсмические волны фундаментальной и более высоких мод с частотами от 2 до 6 Гц зарегистрированы на сейсмической станции Талая (входит в глобальную мировую сеть Iris/Ida (данные получены с использованием системы IRIS Wilber 3 system, <https://ds.iris.edu/wilber3/>). По данным метеостанций в районе оз. Байкал (пп. Листвянка, Б. Коты, Куяда, Талая, Тырган) наблюдались колебания (повышение) атмосферного давления на 1.519 ± 0.036 гПа длительностью до 29 минут. Средняя скорость звуковой волны равна 3.42 м/с. Вариации атмосферного давления могли спровоцировать наблюдавшиеся высокочастотные изменения уровня оз. Байкал (максимальные вариации амплитуд до 8.1 мм) в течение 25 минут (пп. Листвянка, Б. Коты). На пунктах Тырган и Талая также наблюдались скачкообразные деформации горных пород – пики деформаций приходятся на моменты 30 секунд и 2 минуты после пика изменения атмосферного давления.

INTEGRATION OF DATA OF GEOPHYSICAL MONITORING OF DANGEROUS GEOLOGICAL PROCESSES ON THE EXAMPLE OF THE TONGO VOLCANO ERUPTION ON JANUARY 15, 2022

A.A. Dobrynina^{1,2}, V.A. Sankov^{1,3}, N.A. Radziminovich¹, S.A. Borneyakov¹

¹Institute of the Earth's Crust SB RAS

²Geological Institute SB RAS

³Irkutsk State University

dobrynina@crust.irk.ru

The volcanic eruption in Tonga (Pacific Ocean) on January 15, 2022 ($m_s=5.8$) generated powerful atmospheric (infrasonic, Lamb, acoustic-gravity) and seismic waves that spread throughout the globe. According to the points of seismic and geophysical monitoring and monitoring of the lake Baikal level (located at a distance of $\sim 100.6^\circ$ from the epicenter), both atmospheric and lithospheric disturbances caused by the eruption were recorded. Surface seismic waves of fundamental and higher modes with frequencies from 2 to 6 Hz were registered at TLY seismic station (part of the Iris/Ida global network, data downloaded through the IRIS Wilber 3 system, <https://ds.iris.edu/wilber3/>). According to weather stations in the area of the lake Baikal (Listvyanka, B. Koty, Kuyada, Talay, Tyrgan) fluctuations (increase) of atmospheric pressure by 1.519 ± 0.036 hPa for up to 29 minutes were observed. The average sound wave speed is 3.42 m/s. Atmospheric pressure variations could have provoked the observed high-frequency changes

in the lake level. Baikal (maximum amplitude variations up to 8.1 mm) for 25 minutes (Listvyanka, B. Koty). At the points of Tyrgan and Talaya, sharp deformations of rocks were observed, deformation peaks occur at 30 seconds and 2 minutes after the peak of atmospheric pressure change.

ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ НАГРУЖЕННОСТИ И НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

А.А. Альшанская

Сибирский федеральный университет

При обобщении результатов многовариантных вычислительных экспериментов построены цифровые модели нагруженности и напряженного состояния ряда силовых конструкций рабочего оборудования карьерных экскаваторов, в том числе их сварных соединений. Нагруженность и напряженное состояние – именно те факторы, которые определяют интенсивность расходования ресурса и надежность машин. Рассматривается логическая схема интеграции цифровых моделей в информационные технологии поддержки жизненного цикла экскаваторов, включающей в себя мониторинг текущих условий эксплуатации (категории грунта, квалификация машиниста, возраст машины, климатические условия и др.), использование результатов мониторинга в качестве входных данных для имеющихся цифровых моделей, краткосрочный прогноз интенсивности расходования ресурса и накопления повреждений, принятие оперативных решений по планированию и организации технического оборудования и ремонта парка машин.

INTEGRATION OF DIGITAL MODELS OF LOADING AND STRESS STATE INTO INFORMATION TECHNOLOGIES FOR SUPPORTING THE LIFE CYCLE OF MINING SHOVELS

A.A. Alshanskaya

Siberian Federal University

As a conclusion of generalizing the results of multivariate computational experiments, digital models of loading and stress state of a number of load-bearing structures of the working equipment of mining excavators, including their welded joints, were built. Loading and stress state are exactly those factors that determine the intensity of resource consumption and the reliability of machines. A logical scheme for integrating digital models into information technologies for supporting the life cycle of excavators is considered, which includes monitoring current operating conditions (soil categories, driver qualifications, machine age, climatic conditions, etc.), using monitoring results as input data for existing digital models, short-term forecast of the intensity of resource consumption and damage accumulation, making operational decisions on the planning and organization of technical equipment and repair of the fleet of vehicles.

РЯДЫ 10-ЛЕТНЕГО ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА КУЛТУКСКОМ ПОЛИГОНЕ КАК ОСНОВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГНОЗА СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

*С.В. Рассказов^{1,2}, Е.П. Чебыкин^{1,3}, А.М. Ильясова¹, С.В. Снопков², И.С. Чувашова^{1,2},
С.А. Борняков¹*

¹Институт земной коры СО РАН

²Иркутский государственный университет

³Лимнологический институт СО РАН

rassk@crust.irk.ru

Получены мониторинговые ряды для 6 станций подземных вод Култуковского сейсмопрогностического полигона, в сочленении Южно-Байкальской впадины и Тункинской долины. В подземных водах станций измерялись концентрации 72 химических элементов, активности ^{234}U ($A4$) и отношения активностей $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ($OA4/8$) методом ICP-MS с использованием масс-спектрометра Agilent 7500. Мониторинг начался в 2012 г., после завершения афтершоков Култуковского землетрясения 2008 г. По пространственно-временному распределению землетрясений в Южно-Байкальской впадине и откликам $A4-OA4/8$ в подземных водах в период наблюдений 2012–2022 гг. обозначились стадии сжатия коры А-В-С с подготовкой Голоустного землетрясения 2015 г. ($K=12.3$), стадии растяжения коры С-Д с подготовкой землетрясений Байкало-Хубсугульской сейсмической активизации 2020–2021 гг. ($K=13.9-15.7$) и стадия Е афтершоков этой активизации (афтершоки продолжаются). По пространственно-временной эволюции кайнозойского вулканизма развитие Байкальской рифтовой системы рассматривается, как результат действия процессов Японско-Байкальского геодинамического коридора, осложненных влиянием Индо-Азиатской конвергенции. Сейсмогенерирующие импульсы сжатия и растяжения в центральной части Байкальской сейсмической зоны, достигшие максимумов, соответственно, в 2015 и 2020–2021 гг., могут сопоставляться с подобными импульсами, вызывающими сейсмичность в задуговой Япономорской и орогенной Гималайско-Тибетской системах.

SERIES OF 10-YEAR HYDROGEOCHEMICAL MONITORING AT THE KULTUK AREA AS THE BASIS FOR DEVELOPMENT OF FORECASTING STRONG EARTHQUAKES IN THE CENTRAL BAIKAL SEISMIC ZONE

Rasskazov S.V.^{1,2}, E.P. Chebykin^{1,3}, A.M. Ilyasova¹, S.V. Snopkov², I.S. Chuvashova^{1,2}

¹Institute of the Earth's Crust SB RAS

²Irkutsk State University

³Limnological Institute SB RAS

rassk@crust.irk.ru

Monitoring series were obtained for 6 groundwater stations of the Kultuk area, at the structural junction between the South Baikal Basin and Tunka Valley. Concentrations of 72 chemical elements, ^{234}U activity ($A4$), and $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ activity ratio ($AR4/8$) were measured in groundwater of the stations by the ICP-MS technique using an Agilent 7500 mass spectrometer. Monitoring began in 2012, when aftershocks of the 2008 Kultuk earthquake finished. Spatial-temporal distribution of earthquakes in the South Baikal Basin and $A4-AR4/8$ groundwater responses showed stages A-B-C of the 2015 Goloustnoe earthquake preparation ($K=12.3$), stages

C-D of the 2020–2021 Baikal-Khubsugul seismic reactivation preparation ($K=13.9-15.7$), and a stage E of aftershocks, which continues in present. In terms of spatial-temporal evolution of Cenozoic volcanism, the structural development of the Baikal Rift System is considered, as a result of processes that developed along the Japan-Baikal geodynamic corridor and were partly complicated by those of the Indo-Asian convergence. Compressional and extensional impulses that reached maxima in the central Baikal seismic zone in 2015 and 2020–2021, respectively should be compared with similar impulses that caused seismicity in the back-arc Sea of Japan and orogenic Himalayan-Tibetan systems.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СПУТНИКОВОГО РАДИОТЕПЛОВИДЕНИЯ ДЛЯ РАННЕГО ПРОГНОЗА КРУПНЫХ НАВОДНЕНИЙ В БАССЕЙНЕ АМУРА

Е.В. Пашинов¹, Д.М. Ермаков^{1,2}, А.В. Кузьмин¹, В.В. Стерлядкин³

¹Институт космических исследований РАН

²Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН

³МИРЭА - Российский технологический университет

pashinove@mail.ru

Следствием выпадения обильных осадков над районами водосбора больших рек являются сильные наводнения, создающие серьезные угрозы населению и инфраструктуре, наносящие существенный социально-экономический ущерб и затрудняющие хозяйственную деятельность на прилегающих территориях. Новый метод спутникового радиотепловидения, который позволяет рассчитывать потоки водяного пара над океанами, предлагается применить над сушей над водосбором реки Амур. Предложенная методика позволит рассчитать баланс атмосферной воды над выделенной территорией: запасенный над поверхностью водяной пар, количество воды, вошедшей или вышедшей через границы водосбора, и определить количество выпавших осадков за любой выбранный интервал времени. Корреляционные зависимости выпавших осадков и уровня реки позволят предсказывать наводнения. Проведена оценка погрешностей предлагаемого метода.

DEVELOPMENT OF SATELLITE RADIOTHERMOVISION TECHNIQUE FOR EARLY FORECASTING OF LARGE FLOODS IN THE AMUR BASIN

E. V. Pashinov¹, D.M. Ermakov^{1,2}, A.V. Kuzmin¹, V.V. Sterlyadkin³

¹Space Research Institute RAS, (IKI RAS, Russia)

²Institute of Radio Engineering and Electronics V.A. Kotelnikov RAS, Fryazino branch RAS

³MIREA — Russian Technological University

pashinove@mail.ru

The result of heavy precipitation over the catchment areas of large rivers is severe flooding that poses serious threats to the population and infrastructure, causing significant socio-economic damage and hindering economic activities in the surrounding areas. A new method of Satellite Radiothermovision, which makes it possible to calculate water vapor fluxes over the oceans, is proposed to be applied over land over the catchment area of the Amur River. The proposed method will make it possible to calculate the balance of atmospheric water over a selected area: water vapor stored above the surface, the amount of water that entered or exited through the catchment boundaries, and determine the amount of precipitation for any selected time interval. Correlation dependences of precipitation and river level will allow floods to be predicted. An estimation of the errors of the proposed method has been carried out.

ИНФРАСТРУКТУРА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ГЕОПОРТАЛА ИГМ СО РАН

М.В. Задорожный^{1,2}, Е.М. Высокый¹, А.В. Вишневецкий¹, Т.В. Смирнова¹, Б.Е. Моисеев²

¹Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН

²ООО «Дата Ист»

zador@igm.nsc.ru

Современная картографическая платформа позволяет консолидировать разнообразную пространственную информацию: растровые и векторные карты, данные дистанционного зондирования, материалы геолого-геофизических наблюдений, результаты опробования и горных работ. Размещение ПО и базы геоданных на сервере обеспечивает удаленную работу с регулируемым доступом для просмотра и/или редактирования данных через браузер и мобильное приложение. Портал также является облачной системой сбора, хранения и обработки геолого-геохимической и генетической информации по месторождениям минерального сырья.

SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE OF THE CENTRAL SIBERIAN GEOLOGICAL MUSEUM

M.V. Zadorozhnyy^{1,2}, E.M. Vysotsky^{1,2}, A.V. Vishnevsky¹, T.V. Smirnova¹, B.E. Moiseev²

¹IGM SB RAS

²Data East, LLC

The experience of introducing a corporate geoportal into the work of the Central Siberian Geological Museum of the Institute of Geology and Mineralogy. V.S. Sobolev SB RAS. A modern cartographic platform allows consolidating a spatial information: raster and vector maps, remote sensing data, materials of geological and geophysical observations, sampling and mining results. Hosting the software and geodatabase on a server enables remote work with controlled access to view and/or edit data using a browser and mobile app. The geoportal made it possible more effectively organize the cataloging of the museum collection and help to study it. The portal is a cloud-based system for collecting, storing and processing geological, geochemical and genetic information on mineral deposits. Mobile GIS client made it possible to support field and cameral geological, geochemical and cartographic works.

СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ СЕЙСМОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Т.Г. Асланов

ООО "Современные инженерные и информационные технологии"

tabasik@gmail.com

Разработан метод восстановления данных на сейсмическом датчике, а также симитирована работа сейсмического датчика при помощи искусственных нейронных сетей. Для обучения искусственной нейронной сети были выбраны два параметра: интервал времени между регистрациями на сейсмографе продольной (далее – первичной) и поперечной (далее – вторичной) сейсмических волн, а также интервал времени между регистрациями первичной сейсмической волны на паре сейсмографов, удаленных друг относительно друга.

Для восстановления информации на сейсмографах были использованы данные по 2636 землетрясениям, произошедшим за 2020 год в Республике Дагестан. На имеющихся 19 сейсмических станциях были зарегистрированы менее 60 % из общего числа произошедших землетрясений.

Для восстановления сейсмических данных проводилось обучение нейронной сети дважды для каждого сейсмического датчика, первый раз с нулевыми значениями разностей времен прихода сейсмических волн на сейсмографах, время на которых зафиксировано не было, а второй раз с восстановленными разностями времен по результатам обучения нейронной сети в первый раз. Для обучения искусственной нейронной сети использовались в качестве входов, интервалы времен между регистрациями на сейсмографах сейсмических волн, данные которых известны, а в качестве выходов, разности времен, которые необходимо определить.

Обученная нейронная сеть имеет коэффициент корреляции, с реальными интервалами времен между регистрациями на сейсмографе сейсмических волн, превышающий 0,99919. В работе приведены графики зависимостей среднеквадратической ошибки работы нейронной сети по эпохам ее обучения, графики соответствия результатов обучения, вычисленных нейронной сетью, с исходными данными, а также гистограммы ошибок работы нейронных сетей.

CREATING A VIRTUAL SEISMOGRAPHIC NETWORK USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

T.G. Aslanov

LLC "Modern Engineering and Information Technologies"

tabasik@gmail.com

A method of data recovery on a seismic sensor has been developed, and the operation of a seismic sensor has been simulated using artificial neural networks. Thus, two parameters were selected for training an artificial neural network: the time interval between the registrations of longitudinal (hereinafter referred to as primary) and transverse (hereinafter referred to as secondary) seismic waves on a seismograph, as well as the time interval between the registrations of the primary seismic wave on a pair of seismographs remote from each other.

To restore seismic data, data on 2,636 earthquakes that occurred in 2020 in the Republic of Dagestan were used. Less than 60% of all recorded earthquake cases were registered at the existing 19 seismic stations.

To recover seismic data, the neural network was trained twice for each seismic sensor, the first time with zero values of time differences, where the time was unknown for more than 40% of seismic sensors, and the second time with the recovered data for the first iteration. To train an artificial neural network, the time intervals between seismic wave registrations on seismographs whose data are known were used as inputs, and the time differences that need to be determined were used as outputs.

The trained neural network has a correlation coefficient, with real time intervals between seismic wave registrations on the seismograph, exceeding 0.99919. The paper presents training schedules for neural network epochs depending on the root-mean-square error, graphs of the time interval between seismic wave registrations on a seismograph calculated by a neural network from the initial ones, as well as histograms of neural network errors.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

А.С. Агаян^{1,2}, Н.И. Косевич², А.К. Некрасова¹

¹Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН

²Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

nastaagaian@mail.ru

Результатом взаимодействия комплекса современных геологических процессов эндогенного и экзогенного характера по мнению многих исследователей является рельеф земной поверхности.

В результате морфометрического ГИС-анализа цифровой модели рельефа была построена карта морфометрических комплексов, по которой в совокупности с тектоническим строением региона удалось выделить 3 морфоструктуры первого порядка и 29 структур второго порядка. Структуры первого порядка хорошо прослеживаются так же и по данным по вертикальному градиенту аномалий силы тяжести в редукции Буге, а также по данным магнитных аномалий. А также некоторые из структур второго порядка также хорошо прослеживаются по геофизическим данным. Границы выделенных структур маркируются сейсмическими событиями.

Также были выделены линейные нарушения на территорию Балтийского щита, по направлению которых регион был разбит на 4 крупных блока. Блоки совпадают с тектоническим районированием Балтийского щита.

В результате структурно-геоморфологического ГИС-анализа построены серии карт (порядков водотоков, базисных поверхностей, разницы базисных поверхностей), по которым была частично восстановлена и описана история формирования структур за новейшее время. Выделенные зоны также хорошо коррелируются с зонами, выделяемыми по данным по аномалиям силы тяжести в свободном воздухе.

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE RELIEF OF THE BALTIC SHIELD

A.S. Agayan^{1,2}, N.I. Kosevich², A.K. Nekrasova¹

¹Institute of the Theory of Earthquake Prediction and Mathematical Geophysics RAS

²Geological Faculty of Moscow State University named after M.V. Lomonosov

nastaagaian@mail.ru

According to many researchers, the relief of the earth's surface is the result of the interaction of a complex of modern endogenous and exogenous geological processes.

As a result of the morphometric GIS analysis of the digital elevation model author built and analyzed maps of hypsometric levels, the steepness of the surface slope, vertical and horizontal dissection of the relief. Moreover, map of morphometric complexes was developed, according to which, together with the tectonic structure of the region, it was possible to identify three morpho structures of the first order and 29 morpho structures of the second order. First-order structures are also well traced from the data on the vertical gradient of gravity anomalies in the Bouguer reduction, as well as from the data of magnetic anomalies. Alongside this, some of the structures of the second order are also well traced on geophysical data.

Linear disturbances were also identified on the territory of the Baltic Shield, in the direction of which the region was divided into 4 large blocks. Identified blocks correlate with the tectonic zoning of the Baltic Shield.

As a result of the structural-geomorphological GIS-analysis author built a series of maps (orders of streams, basic surfaces, difference of basic surfaces) according to which the history of

the formation of structures during recent times was partially restored and described. The identified zones also correlate well with the zones identified from the data on free-air gravity anomalies.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ГЕОФИЗИКИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ

Е.Б. Чирков

Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН

ye_chirkov@list.ru

В работе рассмотрена специфика геофизики как научной дисциплины и приведена классификация характерных для неё ошибок и систематических погрешностей. Показано, что понимание специфики геофизики позволяет яснее осознать цели разработки метода и значительно повысить её эффективность, контролируя все виды погрешностей на основе созданного с этой целью цифрового двойника. Предложен понятийно-терминологический аппарат, фокусирующий исследователя на важных аспектах разработки, систематизирующий и упрощающий разработку метода и приведены примеры практического применения.

FORMALIZATION OF GEOPHYSICS IN ORDER TO INCREASE THE EFFICIENCY OF METHOD DEVELOPMENT

E.B. Chirkov

Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS

ye_chirkov@list.ru

The paper considers the specifics of geophysics as a scientific discipline and provides a classification of its characteristic errors and systematic errors. It is shown that understanding the specifics of geophysics makes it possible to more clearly understand the goals of developing a method and significantly increase its efficiency by controlling all types of errors on the basis of a digital twin created for this purpose. A conceptual and terminological apparatus is proposed that focuses the researcher on important aspects of development, systematizes and simplifies the development of the method, and examples of practical application are given.

ПРИМЕНЕНИЕ P2P-СЕТЕЙ ДЛЯ СБОРА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

И.М. Алёшин, К.И. Холодков

Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН

ima@ifz.ru

Предложена и апробирована идея собора и распространения геофизические данные в реальном времени с помощью одноранговой сети. Приведено краткое описание, включающее постановку задачи, принцип технологического решения и на примере сбора данных станций наземной регистрации сигналов ГНСС. Описана программная реализация, выполненная для проверки концепции, произведена её тестовая эксплуатация. Тест проводился с использованием экспериментальной станции ГНСС и разработанных ранее программно-аппаратных средств агрегации данных. В ходе испытаний исходные необработанные измерения сигнала ГНСС передавались сначала в центр агрегации данных, а затем потребителю. Наша реализация использует

для связи и передачи данных распространённый вариант P2P-протокола BitTorrent. Решение можно применить для организации многих видов деятельности архивов, центров агрегации данных и пр., для обеспечения быстрой, надежной и прозрачной обработки данных в реальном времени. Работа выполнена в рамках госзадания ИФЗ РАН. Ключевые слова: GNSS, одноранговая сеть, BitTorrent, сбор данных, совместное использование данных, повторное использование данных.

ENHANCING GEOPHYSICAL DATA COLLECTION WITH P2P-NETWORK

I.M. Aleshin, K.I. Kholodkov

Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS

ima@ifz.ru

This article covers a nouveau idea of how to collect and handle geophysical data with a peer-to-peer network in near real-time. The text covers a brief introduction to the cause, the technology, and the particular case of collecting data from GNSS stations. We describe the proof-of-concept implementation that has been tested. The test was conducted with an experimental GNSS station and a data aggregation facility. In the test, original raw GNSS signal measurements were transferred to the data aggregation center and subsequently to the consumer. Our implementation utilized BitTorrent to communicate and transfer data. The solution could be used to establish the majority of data aggregation centers' activities to provide fast, reliable, and transparent realtime data handling experience to the scientific community. The work is a part of the state assignment of IPE RAS. Keywords: GNSS, peer-to-peer, BitTorrent, data acquisition, data sharing, data reuse.

РАСЧЕТ ПОЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ В ПОЧВЕ НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННОЙ ФОРМУЛЫ ФУРЬЕ

Ю.С. Бахрачева, А.М. Афанасьев

Волгоградский государственный университет

bakhracheva@yandex.ru

В рамках теории А.В. Лыкова сформулирована начально-краевая задача для расчета полей температуры и влагосодержания в однородном полупространстве, граница которого находится в состоянии тепло- и массообмена с воздушной средой. Материал полупространства состоит из твердой основы (капиллярно-пористое тело) и воды, теплообмен границы полупространства с воздушной средой происходит по закону Ньютона, а массообмен – по закону Дальтона. В исходном состоянии воздушная среда и материал имеют одинаковую температуру, а плотности потоков тепла и влаги на разделяющей их границе равны нулю. В момент времени, принятый за начало отсчета, температура воздуха начинает совершать малые гармонические колебания вблизи своего первоначального значения. Показано, что с течением времени внутри материала будет устанавливаться режим тепломассопереноса, в котором поля температуры и влагосодержания имеют вид затухающих гармонических волн. Для математической модели тепломассопереноса частного вида (движение влаги к поверхности происходит только за счет перепада влагосодержания, а превращение воды в пар происходит только на поверхности) получена зависимость глубины проникновения и фазовой скорости этих волн от заданных по условию и определяющих процесс величин. Построенное решение и следующие из него выводы являются обобщениями известных в литературе законов Фурье,

которые относятся к ситуации, когда материал полупространства не содержит влаги, а по гармоническому закону изменяется не температура воздуха, а температура поверхности материала. Результаты работы могут быть использованы в геокриологии в качестве теоретического инструмента при моделировании суточных и годовых колебаний теплофизического состояния почвы, что является важной задачей при планировании хозяйственной деятельности в области распространения мерзлых пород.

CALCULATION OF TEMPERATURE AND MOISTURE CONTENT FIELDS IN SOIL BASED ON THE GENERALIZED FOURIER FORMULA

Y.S. Bakhracheva, A.M. Afanasyev

Volgograd State University

bakhracheva@yandex.ru

Within the framework of A.V. Lykov's theory, an initial boundary value problem is formulated for calculating the temperature and moisture content fields in a homogeneous half-space, the boundary of which is in a state of heat and mass exchange with the air medium. The material of the half-space consists of a solid base (a capillary-porous body) and water, the heat exchange of the boundary of the half-space with the air medium occurs according to Newton's law, and mass transfer - according to Dalton's law. In the initial state, the air medium and the material have the same temperature, and the densities of heat and moisture flows at the boundary separating them are zero. At the moment of time taken as the beginning of the reference, the air temperature begins to make small harmonic fluctuations near its initial value. It is shown that over time, a heat and mass transfer regime will be established inside the material, in which the temperature and moisture content fields have the form of damped harmonic waves. For a mathematical model of heat and mass transfer of a particular type (the movement of moisture to the surface occurs only due to a drop in moisture content, and the transformation of water into steam occurs only on the surface), the dependence of the penetration depth and phase velocity of these waves on the values specified by the condition and determining the process is obtained. The constructed solution and the conclusions following from it are generalizations of the Fourier laws known in the literature, which relate to the situation when the material of the half-space does not contain moisture, and according to the harmonic law, not the air temperature changes, but the surface temperature of the material. The results of the work can be used in geocryology as a theoretical tool for modeling daily and annual fluctuations in the thermophysical state of the soil, which is an important task when planning economic activities in the field of the distribution of frozen rocks.

POSTER SESSION

СТЕНДОВАЯ СЕССИЯ

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ПОРТАЛ: СОСТОЯНИЕ ДЕЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

А.С. Еременко^{1,2}, Д.Е. Лешикова², Л.С. Романенкова²

¹Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН

²Дальневосточный Федеральный Университет

academy21@gmail.com

В настоящей работе рассматривается текущее состояние разрабатываемого научно-популярного портала «История Земли: геологический ракурс», а также перспективы его развития. Принимая во внимание накопившуюся статистику по просмотрам и заходности было произведено переосмысление идеологической и архитектурной составляющих данного ресурса. В том числе была переработана архитектура портала, логика изложения и подачи научно-популярного материала.

Основная проблема, которая решалась в данной работе – отсутствие понятной навигации у существующей версии научно-популярного портала. В связи с чем был проведен ряд их-тестов на широкой выборке потенциальных пользователей, составлена дорожная карта по разработке новой архитектуры портала, разработаны новые навигационные элементы, мокуп макеты, userflow. Также логика изложения материала была приведена к единому виду, что в свою очередь улучшает пользовательский опыт и позволяет пользователю дольше оставаться на ресурсе, изучая предложенный научно-популярный материал.

SCIENTIFIC POPULAR PORTAL: STATUS AND DEVELOPMENT PERSPECTIVES

A.S. Eremenko^{1,2}, D.E. Leshikova², L.S. Romanenkova²

¹ Institute of automation and control processes FEB RAS

² Far Eastern Federal University

academy21@gmail.com

This paper discusses the current state of the developed of popular science portal "History of the Earth: a geological perspective", as well as the prospects for its development. Considering the accumulated statistics on views and visits, the ideological and architectural components of this resource were refactored. Including the architecture of the portal, the logic of presentation and presentation of popular science material was redesigned.

The main problem solved in this work is the lack of clear navigation in the existing version of the popular science portal. In this connection, several ux-tests were carried out on a wide sample of potential users, a roadmap was drawn up for the development of a new portal architecture, new navigation elements, mocup layouts, userflow were developed. Also, the logic of the presentation of the material was unified, which improves the user experience and allows the user to stay longer on the resource, studying the proposed popular science material.

ИЗУЧЕНИЕ ПОСТСЕЙСМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА СРЕДНЕФОКУСНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

А.А. Красоткин¹, Г.В. Нечаев^{1,2}, Н.В. Шестаков^{1,2}

¹Дальневосточный Федеральный Университет

²Институт прикладной математики ДВО РАН

krasotkin.aa@students.dvfu.ru

В мире ежегодно происходят тысячи землетрясений. Большинство их гипоцентров располагаются на глубине менее 40 км. Именно такие, мелкофокусные, землетрясения производят наиболее сильные смещения и деформации земной коры. Ко-и постсейсмические эффекты, инициируемые сильными мелкофокусными событиями на сегодняшний день хорошо изучены и по этому вопросу имеется обширная научная литература. Однако среднефокусные ($H = 100-300$ км) и, особенно, глубокофокусные сейсмические события ($H = 400-700$ км) все еще недостаточно изучены. Только в прошлом десятилетии при помощи ГНСС-методов удалось инструментально зафиксировать косейсмические смещения, порождённые средне- и глубокофокусными землетрясениями. При этом практически не изученным остаётся вопрос о постсейсмических эффектах, порождаемых землетрясениями такого типа. До сих пор нет достоверной информации о наличии постсейсмических смещений земной коры, вызванных глубинными сейсмическими событиями. Изучение этого вопроса чрезвычайно важно как с теоретической (понимание структуры, свойств и механизмов разномасштабных геодинамических процессов, происходящих в мантии Земли), так и с практической точки зрения (долгосрочное изменение вековых скоростей движения участков земной коры и пунктов геодезических сетей, изменение параметров геоцентрической системы координат).

Настоящая работа посвящена поиску и определению характеристик возможных постсейсмических эффектов, вызванных среднефокусными землетрясениями, по результатам обработки временных серий изменения координат станций мировых ГНСС-сетей. Рассмотрены сильные среднефокусные землетрясения магнитудой от $M_w=6.9$ и с глубиной гипоцентра от 100 до 300 км, произошедшие в период с 1995 по 2022 год.

В ряде случаев нами были обнаружены изменения скоростей движения ГНСС-станций вблизи эпицентральной области, возникшие непосредственно после землетрясения. Максимальные изменения достигают 20 мм/год, а их характеристики существенно отличаются от характера аналогичных постсейсмических изменений движений земной коры, инициируемых мелкофокусными землетрясениями. Таким образом, можно утверждать о существовании постсейсмических движений и деформаций земной коры, генерируемых среднефокусными сейсмическими событиями.

Работа поддержана грантом РФФ № 22-27-00599.

INVESTIGATION OF POSTSEISMIC EFFECT OF MID-FOCUS EARTHQUAKES

A.A. Krasotkin¹, G.V. Nechaev^{1,2}, N.V. Shestakov^{1,2}

¹Far Eastern Federal University

²Institute for Applied Mathematics FEB RAS

krasotkin.aa@students.dvfu.ru

There are thousands of earthquakes in the world every year. Most of their hypocenters localize at a depth less than 40 km. Such earthquakes (crustal) generate the strongest displacements and deformations of the Earth's crust. Co- and postseismic effects caused by strong crustal events are well investigated nowadays and there is an extensive scientific literature on this issue.

However, mid-focus ($H = 100-300$ km) and especially deep-focus earthquakes ($H = 400-700$ km) are still insufficiently studied. Only in the past decade coseismic displacements generated by mid- and deep-focus events were instrumentally detected by GNSS-methods. Moreover, issue of postseismic offsets of such type events is almost unexplored. It is still no reliable information about existence of postseismic displacements of the crust invoked by deep events. Investigation of that issue is critical both for theoretical (understanding of structure, properties and geodynamic processing mechanisms occurring into the Earth mantle) and practical points of view (long-term changing of secular movement velocities of areas of Earth crust and geodetic networks' sites, changing of geocentric coordinate system parameters).

The work is dedicated to the search and determination of characteristics of possible postseismic effects caused by mid-focus earthquakes by processing of coordinate time series of global GNSS-networks' stations. Strong mid-focus earthquakes with $M_w=6.9$ and hypocenters' depth of 100-300 km occurred in the period from 1995 to 2022 were considered.

In a number of cases, we revealed changing of velocities of GNSS-sites located at epicentral area that occurred immediately after the earthquake origin. Maximum velocity changes reach 20 mm/year and their characteristics differ significantly from parameters of postseismic movement of crustal earthquakes. Thus, it can be argued that postseismic movement and deformations of Earth crust generated by mid-focus earthquakes are exist.

The work was supported by RSF grant № 22-27-00599.

СОВРЕМЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ЮЖНОЙ ОКОНЕЧНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОГО СИХОТЭ-АЛИНСКОГО РАЗЛОМА ПО ДАННЫМ ГНСС-НАБЛЮДЕНИЙ

А.А. Салахутдинова¹, Н.В. Шестаков^{1,2}, А.К. Кишкина^{1,3}, Г.В. Нечаев^{1,2}, Е.А. Лялюшко¹

¹Дальневосточный Федеральный Университет

²Институт прикладной математики ДВО РАН

³Тихоокеанский институт географии ДВО РАН

salakhutdinova.aa@students.dvfu.ru

Центральный Сихотэ-Алинский разлом (ЦСАР) является одной из крупнейших тектонических структур континентальной части юга Дальнего Востока России. Его современная геодинамическая активность всё ещё остается очень малоизученной, особенно, методами дистанционного зондирования. Имеющиеся геологические оценки движений по ЦСАР достигают нескольких мм/год, однако существующие разрозненные современные геодезические данные позволяют утверждать, что смещений, превышающих первые мм/год в центральной части разлома, не выявлено.

В настоящей работе по данным ГНСС-наблюдений, выполненных в первые две декады XXI века, получены первые количественные оценки вековых (плитных) движений земной коры в окрестностях п. Киевка (Приморский край), расположенного в южной оконечности ЦСАР. Также в районе исследований оценено и выполнено численное моделирование влияния возмущений геосреды (ко- и постсейсмические смещения), инициированных катастрофическим землетрясением Тохоку 11.03.2011 года, M_w 9.1. Полученные результаты достаточно хорошо согласуются с имеющимися моделями очага землетрясения и моделями постсейсмической вязкоупругой релаксации геосреды.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 22-27-00599.

CONTEMPORARY CRUSTAL MOVEMENT AT THE SOUTHERN EDGE OF CENTRAL SIKHOTE-ALIN FAULT ACCORDING TO GNSS-OBSERVATIONS

A.A. Salakhutdinova¹, N.V. Shestakov^{1,2}, A.K. Kishkina^{1,3}, G.V. Nechaev^{1,2}, E.A. Lyalushko¹

¹Far Eastern Federal University

²Institute of Applied Mathematics FEB RAS

³Pacific Institute of Geography FEB RAS

salakhutdinova.aa@students.dvfu.ru

The Central Sikhote-Alin Fault (CSAF) is one of the largest tectonic structures in the continental part of the south of the Russian Far East. Its modern geodynamic activity is still very poorly understood, especially by remote sensing methods. The available geological estimates of movements along the CSAR reach several mm/year, however, the available scattered modern geodetic data allow us to state that no displacements exceeding a few mm/year have been detected in the central part of the fault.

In the present work, based on the data of GNSS observations carried out in the first two decades of the 21st century, the first quantitative estimates of the secular (plate) movements of the Earth's crust in the vicinity of the village of Kievka (Primorsky Krai), located at the southern end of the CSAR, are obtained. Also, in the study area, numerical modeling of the effect of geoenvironment disturbances (co- and postseismic displacements) initiated by the catastrophic Tohoku earthquake on March 11, 2011, Mw 9.1, was evaluated and performed. The results obtained are in good agreement with the available models of the earthquake source and models of postseismic viscoelastic relaxation of the geoenvironment.

This work was supported by the Russian Science Foundation grant no. 22-27-00599.

ADAPTATION OF THE METHODOLOGY FOR ALLOCATING LOCAL CLIMATIC ZONES TO THE TASKS OF MEDICAL-GEOGRAPHICAL ZONING (CASES OF MOSCOW AND VOLGOGRAD)

M.Y. Grishchenko^{1,2}, N.M. Fazleyeva¹, N.V. Shartova^{1,2}

¹Lomonosov Moscow State University

²Higher School of Economics University

m.gri@geogr.msu.ru

Different infections take the lives of millions of people around the world every year. Because it spread over a certain territory, the study of the nature of infections and favorable conditions for their pathogens and vectors is a particularly important task for determining the laws of their spread. The existing methodology of local climate zones – areas with uniform surface coverage, structure, and the special nature of human activity – is the first attempt to standardize urban climate research worldwide, which has become an international standard for the analysis of urban morphology. Despite the fact that the theory of local climate zones has made a big step in studying the climate of cities and urban areas in general, for the purposes of medical geography, the existing classification is rather generalized and uninformative. The authors present a fundamentally new algorithm for adapting the methodology for allocating local climatic zones of vegetation and water areas for medico-geographical zoning and assessment of medico-geographical risks based on the use of geoinformation technologies. The developed methodology is based on the idea of splitting the classification of local climatic zones of vegetation, which takes into account humidity, the values of which are determined using a normalized difference water index. Also has been revealed a direct reaction of local climatic zones to disease outbreaks, that

allows to use them as indicators of changes in the natural environment that can lead to outbreaks of diseases.

ИНТЕГРАЦИЯ ПЕРЕДОВЫХ СРЕДСТВ 3D ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГЕОДАНЫХ В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ И УЧЕБНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Г.С. Бояршинов^{1,2}, С.В. Пресняков¹, А.А. Одинцова^{1,3}

¹Геофизический центр РАН

²Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

³Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН

g.boyarshinov@gcras.ru

На сегодняшний день продолжается поиск эффективных форм визуализации геопространственных данных в исследовательских и учебно-образовательных процессах, а также удобного предоставления доступа к данным наук о Земле широкому кругу пользователей.

Коллективом авторов была решена задача по созданию научно-методического и программного-аппаратного обеспечения передовых средств 3D визуализации геоданных на основе технологий сферического проекционного экрана в сочетании с мобильным приложением дополненной реальности и виртуального глобуса. Дополнительно решена задача по оснащению специализированной базы данных программными инструментами, обеспечивающими пользователю простую и удобную работу с данными.

ФРАКТАЛЬНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ СИСТЕМЫ АКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ И ПАРАМЕТРЫ ОБЩЕГО ЗАКОНА ПОДОБИЯ ДЛЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ: СЕЙСМООПАСНЫЕ РЕГИОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

И.А. Цветков¹, А.К. Некрасова^{2,3}

¹МИРЭА - Российский технологический университет

²Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН

³Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН

nastia@mitp.ru

Карты фрактальной размерности (Feder, 1988; Mandelbrot, 1982) активных разломов из Базы данных активных разломов Евразии (и прилегающих акваторий) (Bachmanov et al., 2017), были выполнены для сейсмоопасных регионов Российской Федерации. В частности, на территории Большого Кавказа и Крыма, Алтай-Саян, Прибайкалья и Камчатки пространственное распределение фрактальной размерности активных разломов получено там, где ранее были получены оценки параметров Общего закона подобия для землетрясений (ОЗПЗ) (Kossobokov and Nekrasova 2018a, 2018b; Nekrasova and Kossobokov 2020, Nekrasova and Kossobokov 2022).

ОЗПЗ обобщает фундаментальный закон Гутенберга-Рихтера, определяя логарифм ожидаемого годового числа землетрясений магнитуды M в пространственной области линейного размера L для диапазона магнитуд $[M-, M+]$ как $\log N(M, L) = A + B \times (5 - M) + C \times \log L$, где A , B и C - константы. При этом A и B аналогичны классическим a -value и b -value, а C дополняет Г-Р оценкой локальной фрактальной размерности эпицентров землетрясений, позволяющей реалистично пересчитать сейсмическую опасность на подверженную риску площадь.

Оценки фрактальных размерностей активных разломов выполнены в масштабах, сравнимых с пространственными иерархиями, для которых были получены оценки параметров ОЗПЗ. Для каждого региона выполнено сравнение пространственного распределения параметра C и фрактальной размерности для участков системы активных разломов.

Литература

Bachmanov, D.M., Kozhurin, A.I., Trifonov, V.G. The Active Faults of Eurasia Database. *Geodynamics and Tectonophysics* 2017, 8 (4): 711–736. DOI: 10.5800/GT-2017-8-4-0314;

Feder, J., *Fractals*, N. Y.: Plenum Press, 1988;

Kossobokov, V.G., Nekrasova, A. Earthquake Hazard and Risk Assessment based on Unified Scaling Law for Earthquakes: Altai-Sayan Region. *Natural Hazards*, 2018 93(3): 1435-1449 DOI 10.1007/s11069-018-3359-z;

Kossobokov, V.G., Nekrasova, A. Earthquake Hazard and Risk Assessment based on Unified Scaling Law for Earthquakes: Greater Caucasus and Crimea. *Journal of Seismology*, 2018, 22:1157–1169; DOI 10.1007/s10950-018-9759-4;

Mandelbrot, B.B., *The Fractal Geometry of Nature*, New York: Times Books, 1982;

Nekrasova A., V. Kossobokov, Unified Scaling Law for Earthquakes: space-time dependent assessment in Kamchatka region, EGU General Assembly Conference Abstracts, 2020, DOI 10.5194/egusphere-egu2020-708;

Nekrasova A., Kossobokov V. The Lake Baikal Unified Scaling Law for Earthquake Regional Coefficients. In: Kosterov A., Bobrov N., Gordeev E., Kulakov E., Lyskova E., Mironova I. (eds) *Problems of Geocosmos–2020*. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. 2022, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91467-7_17.

FRACTAL DIMENSION OF ACTIVE FAULTS SYSTEM AND PARAMETERS OF UNIFIED SCALE LAW FOR EARTHQUAKES: SEISMIC HAZARD REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

I.A. Tsvetkov¹, A.K. Nekrasova^{2,3}

¹MIREA - Russian Technological University

²Institute of Earthquake Prediction Theory and Mathematical Geophysics RAS

³Schmidt institute of Physics of the Earth RAS

nastia@mitp.ru

Fractal dimension (Feder, 1988; Mandelbrot, 1982) maps of active faults from the Active Faults of Eurasia Database (AFEAD) (Bachmanov et al., 2017) were performed for earthquake-prone regions of the Russian Federation. In particular, the spatial distribution of the fractal dimension of active faults in the Greater Caucasus and Crimea, Altai-Sayan, Lake Baikal region, and Kamchatka has been obtained where the parameters of the Unified scaling law for earthquakes (USLE) were previously estimated (Kossobokov and Nekrasova 2018a, 2018b; Nekrasova and Kossobokov 2020, Nekrasova and Kossobokov 2022).

The USLE generalizes the fundamental Gutenberg-Richter law (G-R). The USLE states that the logarithm of expected annual number of earthquakes of magnitude M in an area of linear size L within the magnitude range $[M-, M+]$ follows the relationship $\log N(M, L) = A + B \times (5 - M) + C \times \log L$, where A , B , and C are constants. Naturally, A and B are analogous to the classical a - and b -values, while C compliments to G-R with the estimate of local fractal dimension of earthquake epicentres allowing for realistic rescaling seismic hazard to the size of exposure at risk.

Estimates of the active faults fractal dimension were performed at scales comparable to the spatial hierarchies for which the USLE parameters were obtained. For each region, the spatial distribution of the C parameter and the fractal dimension of the active fault system were compared.

References

- Bachmanov, D.M., Kozhurin, A.I., Trifonov, V.G. The Active Faults of Eurasia Database. *Geodynamics and Tectonophysics* 2017, 8 (4): 711–736. DOI: 10.5800/GT-2017-8-4-0314;
- Feder, J., *Fractals*, N. Y.: Plenum Press, 1988;
- Kossobokov, V.G., Nekrasova, A. Earthquake Hazard and Risk Assessment based on Unified Scaling Law for Earthquakes: Altai-Sayan Region. *Natural Hazards*, 2018a, 93(3): 1435-1449 DOI 10.1007/s11069-018-3359-z;
- Kossobokov, V.G., Nekrasova, A. Earthquake Hazard and Risk Assessment based on Unified Scaling Law for Earthquakes: Greater Caucasus and Crimea. *Journal of Seismology*, 2018b, 22:1157–1169; DOI 10.1007/s10950-018-9759-4;
- Mandelbrot, B.B., *The Fractal Geometry of Nature*, New York: Times Books, 1982;
- Nekrasova A. and V. Kossobokov, Unified Scaling Law for Earthquakes: space-time dependent assessment in Kamchatka region, EGU General Assembly Conference Abstracts, 2020, DOI 10.5194/egusphere-egu2020-708;
- Nekrasova A., Kossobokov V. The Lake Baikal Unified Scaling Law for Earthquake Regional Coefficients. In: Kosterov A., Bobrov N., Gordeev E., Kulakov E., Lyskova E., Mironova I. (eds) *Problems of Geocosmos–2020*. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. 2022, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91467-7_17.

SCIENTIFIC SESSION

НАУЧНАЯ СЕССИЯ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОМ МУЗЕЕ

С.В. Черкасов

Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН

s.cherkasov@sgm.ru

Информационные технологии в современном естественнонаучном музее используются для:

обеспечения информационной и интерактивной составляющих экспозиций, в том числе - визуализации процессов и объектов;

интерактивных игровых и обучающих занятий;

дистанционного представления музея в целом, различных аспектов деятельности музея, а также – собственно музейных предметов и коллекций;

технического обеспечения деятельности музея, в т.ч. – учета музейных предметов и коллекций, экскурсионного и кассового обслуживания посетителей, и др.

С точки зрения экономики, почти все программные продукты, используемые при решении данных задач, являются уникальными, или, в лучшем случае, малотиражными, и, соответственно, значительную часть затрат на создание или приобретение таких продуктов составляют затраты на разработку. Есть сложности и с демонстрационным оборудованием, которое часто предназначено для использования в ходе краткосрочных мероприятий, таких, как фестивали и выставки. При использовании такого оборудования в музейных экспозициях необходимо учитывать ресурсные его характеристики и заранее предусматривать затраты на техническое обслуживание, запасные части, и замену выработавшего свой ресурс оборудования.

Все вышесказанное иллюстрируется данными по 10-летнему опыту разработки и внедрения информационных технологий в Государственном геологическом музее им. В.И. Вернадского РАН.

INFORMATIONAL TECHNOLOGIES IN A STATE-OF-ART NATURAL HISTORY MUSEUM

S.V. Cherkasov

Vernadsky State Geological Museum of RAS

s.cherkasov@sgm.ru

Informational technologies in a natural history museum are being used nowadays for:

Informational and interactive components in the expositions, including visualization of processes and objects;

Interactive entertainment and education;

Virtual (remote) presentation of the museum, its activities, and museum's collections;

Technical support of the museum's activities, including registration of collections, bookkeeping, customer services, etc.

From the point of economy, nearly all software for these tasks should be unique, or, at best, of very limited circulation. Correspondingly, sufficient part of expenses for creation or purchase of such products goes for the product development. Also, demonstration equipment quite often intended to be used at short-term activities such as festivities and exhibitions. When using it in the museum expositions, one has to carefully pay attention to the resource characteristics of the equipment in order to foresee maintenance, spare parts acquisition, and, finally, replacement of the worked-out equipment.

All the above said is illustrated by data on 10-years' experience of IT development and implementation in the Vernadsky State Geological Museum of RAS.

ТЕОРИЯ СОВОКУПНОСТЕЙ: ИЗ ГЕОЛОГИИ В ИНЖЕНЕРИЮ ЗНАНИЙ И ОБРАТНО

К.А. Пшеничный

Университет ИТМО, Факультет безопасности информационных технологий, проект
«Геогнозис»

cpshenichny@yandex.ru

Теория совокупностей – новая логико-математическая теория, альтернативная как классической, так и неклассическим логикам и теории множеств. Её разработка началась в связи с решением вулканологических задач. Впоследствии из прикладного метода реконструкции эруптивных сценариев развился формализм, пригодный для представления качественного и количественного знания независимо от предметной области. Ядром формализма являются аксиомы об отношениях между обозначенными сущностями (обозначенными смыслами и бессмыслицами). Описаны формальные и содержательные операции над ними. Построена контекстно-связанная грамматика для обозначенных смыслов. Исследованы отношения данного формализма с существующими семантическими и лингвистическими теориями.

Под совокупностью понимается наполненный обозначенный смысл. Наполнение принадлежит одному из семи типов (в теории множеств тип только один – атомарный). Теория обозначенных смыслов как таковая может служить основой инженерии знаний и, в частности, быть универсальным языком онтологий и концептуальных моделей (в частности, единой основой для всех диаграмм классов языка UML), а теория наполненных обозначенных смыслов – основой для моделей изменяющегося мира и количественных расчётов. Непосредственно основанный на данном разделе теории совокупностей метод куста событий рассматривается как единая основа для диаграмм поведения языка UML. В нынешнем виде теория совокупностей применима в широком спектре наук о Земле, от глобальной тектоники до экологии.

THEORY OF MULTITUDES: FROM GEOLOGY TO KNOWLEDGE ENGINEERING AND BACK

Cyril A. Pshenichny

Geognosis Project, Faculty of Secure Information Technologies, ITMO University

cpshenichny@yandex.ru

The theory of multitudes is a novel logical and mathematical theory seen as alternative to existing logic (both classical and non-classical) and set theory. Originally it was developed for the volcanological studies but later evolved into a formalism able to cope with qualitative and quantitative knowledge in any field. The core of the formalism is represented by the axioms setting the relations between denoted entities (denoted meanings, better say, smysls, and meaninglessnesses). Context-sensitive grammar is developed. Then, formal and intentional operations are introduced. This theory has been compared to existing semantic and linguistic theories.

Multitude is understood as filled denoted smysl. Fill may be of one of seven types (in contrast to the set theory implying only one, i.e., atomic, or elementary type). The theory of denoted smysls per se can serve as the basis for knowledge engineering, ontology design and conceptual modeling (and is, in fact, a common ground for UML class diagrams). The same time, the theory of filled smysls and especially its extension, the event bush method, are good for modeling the changing world and numerical estimates. These can be, inter alia, the general case for any UML behavior diagram. In its present state, the theory of multitudes may work well in a wide spectrum of geoscientific domains, from global tectonics to environmental studies.

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ КАК СПОСОБ ПРОДВИЖЕНИЯ И ПОПУЛЯРИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ БД «ТРУДЫ СОТРУДНИКОВ ИНГГ СО РАН»)

Н.А. Мазов^{1,2}, В.Н. Гуреев^{1,2}

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН

²Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН

MazovNA@ipgg.sbras.ru

Институциональные базы данных (БД) научных публикаций играют значимую роль в задачах, стоящих как перед отдельными сотрудниками, так и перед организацией в целом. К основным функциям – поисковой и библиометрической – в последнее время добавилась популяризаторская, реализуемая в виде репозитория и web-реплик базы данных. Она повышает видимость публикаций организации в научном информационном пространстве, способствует налаживанию научных связей с другими учреждениями, росту авторитетности организации и повышению ее конкурентных преимуществ. В докладе сделан обзор подходов к формированию внутренних БД для представления наиболее полных и точных сведений о публикационной активности сотрудников учреждения. Основные характеристики современных БД включают полнофункциональный поиск по большому набору критериев, интеграцию с внешними БД, автоматизированную генерацию отчетов и библиографических списков в заданных форматах, оперативное представление данных в web-интерфейсе. Описан технологический комплекс сбора, обработки, анализа и хранения информации о публикациях в ИНГГ СО РАН, представленных в виде трех реляционных БД: публикаций, источников и авторов. Все три модуля связаны с внешними библиографическими системами и позволяют решать весь спектр текущих информационных, библиометрических и популяризаторских задач. Наполнение БД и оригинальный инструментарий, функционально приближенный к инструментарию международных БД, также позволяют решать такие актуальные задачи, как оптимизация библиотечной подписки, выявление научных фронтов и перспективных исследовательских направлений и оценка потенциала издаваемых в организации журналов. Отмечена необходимость постоянного курирования и доработки БД в ответ на новые информационные вызовы.

DATABASES OF ACADEMIC PAPERS FOR PROMOTING SCIENTIFIC RESEARCH: A CASE STUDY OF INSTITUTE OF PETROLEUM GEOLOGY AND GEOPHYSICS

N.A. Mazov^{1,2}, V.N. Gureyev^{1,2}

¹Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS

²State Public Scientific Technological Library SB RAS

MazovNA@ipgg.sbras.ru

Bibliographic databases in research organizations play an important role in solving various tasks that face both researchers and organizations. Recently, two main searching and bibliometric functions have been enriched by the promotional one resulting in formation of repositories and web-mirrors of databases. The promotional function may lead to enhanced academic network, increase in ranking or competitive positions. This report reviews current approaches to constructing internal databases for full and precise information on the organization's scholarly output. Main features of modern databases include powerful search using different filters, integration with general databases, producing various reports in necessary formats, and rapid web-

presentation of data. The authors describe the technological process of collecting, processing, analysis, and storage of data on scholarly output of IPGG SB RAS organized as three relational databases including publications, sources, and authors units. All three modules are linked to general bibliographic databases and enable one to solve a wide range of current informational, bibliometric, and promotional issues. Database content, as well as original software functionally close to that of general databases, makes it also possible to solve the following topical problems: revising the list of subscribed serials in the library, detecting research fronts and promising research areas, and evaluate journals published by IPGG. The authors focus on the necessity to permanently supervise and update database content and functionality in response to current information challenges.

MINERAL PROSPECTIVITY MAPPING ДЛЯ ПРОГНОЗА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА И МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ЦЕНТРАЛЬНО-КОЛЫМСКОГО РЕГИОНА (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)

И.Н. Горячев

Сибирская школа геонаук ИРНИТУ

На площадь Центрально-Колымского региона (Аян-Юряхский антиклинорий, Иньяли-Дебинский синклиний, Балыгычанское поднятие и южная часть Омулёвского поднятия) с использованием методов машинного обучения построена геостатистическая прогнозно-поисковая модель золотого оруденения (карта потенциальной ресурсной перспективности). В качестве исходных данных использованы мультиспектральные спутниковые снимки, материалы средне- и мелкомасштабного геологического картирования, данные среднемасштабных геофизических и литохимической съёмок. На основе первичных данных был рассчитан исчерпывающий набор признаков, имеющих отношение к поисковым критериям. Для построения прогноза применялся метод случайного леса (Random Forest) с использованием случайных выборок и осреднением результата. Полученные прогнозные карты позволяют локализовать потенциальные золоторудные объекты с пространственным разрешением 2 км, что позволяет осуществлять выбор перспективных участков для лицензирования. Показано различие прогнозных признаков для разных региональных структур, позволяющее использовать их как один из факторов для металлогенического районирования.

MINERAL PROSPECTIVITY MAPPING FOR FORECASTING GOLD DEPOSITS AND METALLOGENIC ZONING OF THE CENTRAL KOLYMA REGION (MAGADAN REGION, RUSSIA)

I. N. Goryachev

Siberian School of Geosciences, Irkutsk National Research Technical University

Using machine learning methods for the territory of the Central Kolyma region (Ayan-Yuryakh anticlinorium, Inyali-Debin synclinorium, Balygychan uplift and the southern part of the Omulevsky uplift), a geostatistical prognostic-prospecting model of gold mineralization was built. Multispectral satellite images, materials of medium- and small-scale geological cartography, data of medium-scale geophysical and lithochemical studies were used as source data. Based on these data, a complete set of features related to the search indicators was calculated. To build a forecast, we used the Random Forest method with randomized samples and averaging the result. The resulting forecast maps make it possible to localize potential gold ore objects with a spatial resolution of 2 km, which allows to select perspective areas for licensing. The difference in prognostic indicators for different regional structures is shown, which allows using them as one of the factors of metallogenic zoning.

MINERAL PROSPECTIVITY ASSESSMENT USING ASTER DATA AND MAXENT METHOD IN PYTHON

S.L. Shevirev^{1,2}, E. John M. Carranza³, E.V. Gorobeyko², N.G. Boriskina²

¹Polytechnic Institute of FEFU

²Far East Geological Institute FEB RAS

³Department of Geology, University of the Free State

shevirev@mail.ru

Poor access to remote regions and dense forest cover obstruct mineral exploration and increase investment risk. However, the combination of remote sensing and in-situ field mapping can be implemented to outline prospective areas within such regions of interests. This proposition was tested within the Kema terrane (Sikhote–Alin Superterrane, Southeast Russia), whereby ASTER data were used to compute “mineral presence images” for mineral species determined by analysis of field samples. The implementation of this methodology requires computing of directed principal component (DPC) images that can depict mineral signal separately from reflectance caused by vegetation cover. The remote sensing data processing and image defoliant techniques can be implemented in a Python script. Data assessment and prospectivity analysis algorithm include the following steps: data input (mineral occurrence points, list of determined mineral species, ASTER L1T radiance bands in HDF file); conversion of radiance into reflectance, and then atmospheric and topographic corrections; deriving mineral band ratios and NDVIc vegetation classes; selecting coverage with sparse vegetation classes; data cross-validation and training of Maximum Entropy (MaxEnt) prospective model with locational data of known mineral occurrence points. The trained MaxEnt model can be used for deriving a prospective map when assessed with testing dataset. Automation of data processing can be applied in Python with *gdal*, *numpy* and *pandas*. *Richdem* library was implemented for removal of topographic shading. The MaxEnt model was configured based on OneClassSVM class from *scikit-learn* library. The developed software allowed us to derive a mineral prospectivity map for the vegetation-covered Kema terrane, revealing hidden prospectivity zoning, and to recommend areas for further exploration.

НОВЫЙ ПОДХОД К ИНТЕГРИРОВАННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРИТОКА К ГРУППЕ СКВАЖИН В НЕФТЕГАЗОВОЙ ЗАЛЕЖИ С ПОДОШВЕННОЙ ВОДОЙ

Л.Л. Рыжова, Р.Д. Каневская, П.В. Кузнецов

АО "Институт геологии и разработки горючих ископаемых"

RyzhovaLL@igirgi.rosneft.ru

Вовлечение в разработку трудноизвлекаемых запасов, приуроченных к сложно построенным коллекторам, на сегодняшний день является актуальной задачей. Объект исследования представляет собой массивный трещиновато-кавернозный карбонатный коллектор с газовой шапкой и подстилающей водой. Моделирование добычи из таких объектов является так же нетривиальной задачей. Поэтому была создана оригинальная вычислительная экспресс-методика, учитывающая основные особенности исследуемой залежи, охватывающая весь цикл управления разработкой и включающая в себя взаимосвязанные модели течения флюидов как в пласте, так и в стволе скважины и системе наземного обустройства.

Приток к группе скважин в пласте моделируется с помощью полуаналитической разномасштабной модели и учитывает интерференцию скважин по пласту в крупномасштабном приближении, а также прорывы конусов воды и газа в

околоскважинной зоне. Дальнейшая адаптация модели по фактическим данным осуществляется с помощью методики идентификации ключевых параметров, основанной на решении оптимизационных задач.

Моделирование работы залежи в условиях высокого газосодержания добываемой продукции требует учета интерференции и по наземной инфраструктуре. Для этого была разработана новая модель многофазного потока в трубах, полностью сопряженная с моделью пласта.

Разработанная интегрированная модель опробована на реальных данных одного из уникальных месторождений и может использоваться для оперативного принятия решений по корректировке режимов работы скважин.

A NEW APPROACH TO INFLOW INTEGRATED MODELING TO A WELL GROUP IN THE OIL AND GAS RESERVOIR WITH BOTTOM WATER

L.L. Ryzhova, R.D. Kanevskaya, P.V. Kuznetsov

Institute of Geology and Development of Fossil Fuels

RyzhovaLL@igirgi.rosneft.ru

Including in hydrocarbon production hard-to-recover reserves confined to complex reservoirs is an important problem today. We consider a massive fractured-cavernous carbonate reservoir with a gas cap and bottom water. Oil production modeling from such objects is also a complex problem. Therefore, an original computational express procedure was created. It considers the main reservoir features, covers the entire oil production management cycle and also includes connected fluid flow models both in the reservoir and surface equipment system. The inflow to a well group in the reservoir is modeled by the semi-analytical multi-scale model.

This model takes into account the wells reservoir interference in a large-scale approximation and water and gas breakthroughs near the wellbore zone. Further model history matching is implemented by the control parameters identification algorithm based on solving optimization problems.

High gas-oil ratio production modeling requires consideration the surface infrastructure interference. For this, a new pipe multiphase flow model was developed and fully coupled to the reservoir model.

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.

ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ВУЛКАНОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

В.А. Мелкий, А.А. Верхотуров

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН

vamelkiy@mail.ru

Несмотря на то, что вулканы представляют довольно большую опасность при организации хозяйственной деятельности поблизости от них, миллионы людей проживают в зонах, подверженных риску вулканического воздействия. Данные дистанционного зондирования Земли позволяют оценить природно-ресурсный потенциал территорий, где возможна добыча минерального сырья (серы, тугоплавких металлов, строительных материалов), гидротермальной энергии (отопление жилья, теплиц, производство электроэнергии). Для оценки объемов вулканогенных отложений достаточно определить площадь их распространения и мощность. Вполне уместным в контексте изучения ресурсов вулканических регионов будет упоминание о плодородных почвах, формирующихся вокруг

эруптивных центров после извержений, которые имеют важнейшее значение для развития сельскохозяйственного производства. Немаловажным продуктом вулканической деятельности являются природные минеральные воды, бальнеологические свойства которых помогают излечить заболевания опорно-двигательного аппарата, желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистой системы и др. При хорошей организации курортной деятельности перспективы использования гидротермальных ресурсов значительно возрастают. Площадки термального разогрева легко обнаруживаются на снимках в SWIR-диапазоне. Туристско-рекреационный потенциал вулканогенных объектов также представляет большой интерес.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF NATURAL RESOURCES OF VOLCANOES BY REMOTE SENSING DATA

V.A. Melkiy, A.A. Verkhoturov

Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS

vamelkiy@mail.ru

Millions of people live in areas at risk of volcanic impact, despite the fact that volcanoes pose a fairly large risk to economic activity. The natural resource potential of the territories where the extraction of mineral raw materials (sulfur, refractory metals, building materials), hydrothermal energy (heating of housing, greenhouses, electricity generation) is possible is estimated according by data of remote sensing of the Earth. It is sufficient to determine the distribution area and thickness of volcanic deposits in order to estimate their volumes. In the context of studying the resources of volcanic regions, it is quite appropriate to mention the fertile soils that form around eruptive centers after eruptions, which are important for the development of agricultural production. Natural mineral waters, whose balneological properties contribute to the treatment of diseases of the musculoskeletal system, gastrointestinal tract and cardiovascular system, are a very valuable natural resource. With a good organization of resort activities, the prospects for the use of hydrothermal resources increase many times over. Areas of thermal heating are easily detected on images in the SWIR range. Of great interest is the tourist and recreational potential of volcanogenic sites.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СМЕШАННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОБЩЕНИЯ С ПРИРОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Ю.И. Молородов¹, Е.А. Слепцов²

¹Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий
СО РАН

²Новосибирский государственный университет

yumo1@ya.ru

В работе рассматриваются элементы технологии смешанной реальности. Они применяются для работы с природными 3D объектами и базируются на использовании: форматов данных, их преобразования, импорт, экспорт в программные комплексы 3D моделирования. В основе этих работ лежит фотограмметрический подход. Основным инструментом являются программные комплексы для работы в смешанной реальности и современные программные средства: Blender, Unreal Engine, Unity. Необходимым является обеспечение возможности получения пространственной информации на основе фотографирования объектов летательными аппаратами, ввод этой информации, а также необходимые геометрические преобразования, экспорт, создание комплексных проектов.

Для этой цели были разработаны программы и инструменты, которые можно использовать при создании трехмерных моделей, технологий работы с виртуальной и дополненной реальностью. Эти технологии могут успешно использоваться для получения достоверного знания о реальной действительности, на основе современных способов визуализации различных видов информации. Важным элементом является разработка дружелюбного интерфейса пользователя, обеспечение интерактивного взаимодействия с пользователем, опираясь на технологии виртуальной реальности.

USING MIXED REALITY TECHNOLOGIES TO COMMUNICATE WITH NATURAL OBJECTS

Yu.I. Molorodov¹, E.A. Sleptsov²

¹ Federal Research Center for Information Technology

² Novosibirsk State Universities

yumol@ya.ru

The paper considers the elements of mixed reality technology. They are used to work with natural 3D objects and are based on the use of: data formats, their transformation, import, export to 3D modeling software systems. These works are based on the photogrammetric approach. The main tools are software systems for working in mixed reality and modern software tools: Blender, Unreal Engine, Unity. It is necessary to provide the possibility of obtaining spatial information based on photographing objects by aircraft, the input of this information, as well as the necessary geometric transformations, export, and the creation of complex projects. For this purpose, programs and tools have been developed that can be used to create three-dimensional models, technologies for working with virtual and augmented reality. These technologies can be successfully used to obtain reliable knowledge about reality, based on modern methods of visualizing various types of information. An important element is the development of a friendly user interface, providing interactive interaction with the user, relying on virtual reality technology.

ETL-ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОРГАНИЗАЦИИ НАПОЛНЕНИЯ ДАНЫМИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

В.П. Потапов, Е.Л. Счастливец, Н.И. Юкина, И.Е. Харлампенков, А.А. Быков, М.С. Рудов

Кемеровский филиал Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий СО РАН

leonakler@mail.ru

Рассмотрен вопрос применения процедуры ETL к задаче сбора и подготовке данных для наполнения информационной системы. Существующая информационная система экологического мониторинга горнодобывающих предприятий позволяет решать задачи отображения объектов на электронных картах, работы с базами данных через пользовательский интерфейс и проведения ряда расчетов. Но в настоящее время, становятся актуальны вопросы обработки разнородных данных, поддержка возможности их хранения в специализированных хранилищах и автоматизации, унификации процедур получения (ввода) и преобразования данных. Для решения указанной проблемы предлагается внедрить в систему процедуру ETL, т.е. выполнение операций Extract, Transform, Load (извлечение, преобразование, загрузка) с целью наполнения данными целевой системы на базе открытого программного обеспечения. Таким образом, будет достигнуто единообразие процесса обработки потоков входных данных, их модификации, в том числе по запросу пользователя.

ETL-TECHNOLOGIES AS A TOOL FOR ORGANIZING DATA FILLING IN DIGITAL TWINS

V.P. Potapov, E.L. Schastlivtsev, N.I. Yukina, I.E. Kharlampenkov, A.A. Bykov, M.S. Rudov

Kemerovo branch "Federal Research Center for Information and Computing Technologies"

leonakler@mail.ru

The issue of applying the ETL procedure to the task of collecting and preparing data for filling the information system is considered. The existing information system for environmental monitoring of mining enterprises allows solving the problems of displaying objects on electronic maps, working with databases through the user interface and performing a number of calculations. But at present, the issues of processing heterogeneous data, supporting the possibility of storing them in specialized storages and automation, unifying the procedures for obtaining (inputting) and converting data are becoming relevant. To solve this problem, it is proposed to introduce the ETL procedure into the system, execution of Extract, Transform, Load operations (extraction, transformation, loading) in order to fill the target system with data based on open source software. Thus, the uniformity of the process of processing input data streams, their modification, including at the request of the user, will be achieved.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СЕЙСМИЧНОСТИ ПРИБАЙКАЛЬЯ

М.А. Хритова, Н.А. Гилёва

Байкальский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук»

hritova@crust.irk.ru

Своевременный мониторинг землетрясений на территории Прибайкалья и Забайкалья с высокой сейсмической активностью является неотъемлемой частью жизнеобеспечения населения регионов и систем обеспечения безопасности ответственных сооружений, относится к технологиям уменьшения риска опасных природных явлений. В работе представлен опыт создания виртуальной сети сейсмических станций Байкальского филиала ФИЦ ЕГС РАН с применением технологии виртуальных частных сетей.

Рассмотрена существующая система сбора первичных материалов наблюдений сети сейсмических станций Прибайкалья и Забайкалья, работающая в режиме реального времени (ПК «SendAgent & ReceiveAgent»). Разработанная программа автоматической обработки региональных землетрясений («AutoBykl») позволяет определять основные параметры событий: время в очаге, географические координаты гипоцентра, энергетический класс, магнитуду. Приведен опыт использования интерактивного опросника для сбора макросейсмических данных при сильных землетрясениях, позволяющего собирать до несколько тысяч анкет. Использование существующей информационно-аналитической системы мониторинга сейсмичности Байкальского региона показано на примере последних произошедших сильных землетрясений 2020-2021 гг. (Быстринское 21.09.2020 г. с магнитудой $M=5.5$, Кударинское 09.12.2020 г. с $M=5.5$ и Хубсугульское землетрясение 11.01.2021 г. с $M=6.8$).

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках государственного задания № 075-01471-22) и с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира» (<https://ckp-rf.ru/usu/507436/>, <http://www.gsras.ru/unu/>).

INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING SEISMICITY OF THE BAIKAL REGION

M.A. Khritova, N.A. Gilyova

¹Baikal Branch of the Geophysical Survey RAS

hritova@crust.irk.ru

Timely monitoring of earthquakes in the territory of the Baikal and Transbaikal regions with high seismic activity is an integral part of the life support of the population of the regions and the safety systems of critical structures. It is technology for reducing the risk of natural hazards. The paper presents the experience of creating a virtual network of seismic stations of the Baikal branch of the FRC EGS RAS using the technology of virtual private networks.

The existing system of collecting primary observation data from the network of seismic stations in the Baikal and Transbaikal regions operating in real time is considered (software package "SendAgent & ReceiveAgent"). The developed program for automatic processing of regional earthquakes ("AutoBykl") allows you to determine the main parameters of events: time in the source, geographic coordinates of the hypocenter, energy class, magnitude. The experience of using an interactive questionnaire for collecting macroseismic data during strong earthquakes is presented, which allows collecting up to several thousand questionnaires. The use of the existing information and analytical system for monitoring the seismicity of the Baikal region is shown on the example of the last strong earthquakes that occurred in 2020-2021. (Bystrinskoe on September 21, 2020 with a magnitude of M=5.5, Kudarinskoe on December 9, 2020 with M=5.5, and the Khubsugul earthquake on January 11, 2021 with M=6.8).

The work was supported by Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (075-01471-22). The data used in the work were obtained with large-scale research facilities «Seismic infrasound array for monitoring Arctic cryolitozone and continuous seismic monitoring of the Russian Federation, neighbouring territories and the world» (<https://ckp-rf.ru/usu/507436/>, <http://www.gsras.ru/unu/>).

СПУТНИКОВЫЙ РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ОБЪЕКТОВ КУЗБАССА

Л.С. Миков

Кемеровский филиал Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий СО РАН

mikov@ict.sbras.ru

В работе рассмотрены вопросы оценки состояния и изменения земной поверхности на территориях угледобывающих предприятий Кузбасса. Продемонстрировано применение многопроходных серий спутниковых радарных (SAR) изображений с космического аппарата Sentinel-1 с использованием таких методов, как дифференциальная интерферометрия, метод малых базовых линий (SBaS), метод устойчивых отражателей (PS).

SATELLITE RADAR MONITORING OF MINING FACILITIES IN KUZBASS

L.S. Mikov

Federal Research Center for Information and Computational Technologies

mikov@ict.sbras.ru

The paper considers the issues of assessing the state and changes of the Earth's surface in the territories of Kuzbass coal mining enterprises. The application of multi-pass series of satellite radar (SAR) images from the Sentinel-1 spacecraft using methods such as differential interferometry, the small baseline subset (SBaS), persistent scatterer (PS) is demonstrated.

ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ РЕФАКТОРИНГА ПРОГРАММЫ ПО РАСЧЁТУ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОДЗЕМНОГО ЛЬДА

A.A. Иванова¹, E.A. Слагода^{1,2,3}

¹Институт криосферы Земли Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук СО РАН

²Тюменский индустриальный университет

³Тюменский государственный университет

ananivanova@yahoo.com

Изучение особенностей кристаллического строения подземного льда позволяет получить информацию о процессах его формирования и трансформации. Сотрудниками Института Криосферы Земли была создана программа на языке MapBasic для вычисления кристаллографических параметров по фотографиям структуры льда – «Crystal». После загрузки изображения, подготовленного петрографическим методом, в MapInfo, необходимо обвести каждый кристалл инструментом «Полигон». Для обведенных полигонов программа рассчитывает параметры кристаллов (площадь, периметр и т.д.) и выводит результат в порядке их добавления без возможности группировки. Что не подходит для изучения разрезов многолетнемерзлой толщи, которая состоит из ледяных тел разного генезиса, характеризующихся отличными друг от друга размерами, формой и ориентировкой кристаллов в шлифе. Также в программе не учитываются минеральные и органические включения, пузырьки воздуха. Чтобы не зависеть от программного продукта MapInfo, принято решение по преобразованию и переносу программы на язык программирования python с использованием графической библиотеки Tkinter. Прорисовка кристаллов является сложной и трудоемкой работой, поэтому ведется разработка полуавтоматической векторизации контуров кристаллов по бинарным изображениям. В будущем планируется проведение расчетов по формулам из оригинальной программы и статистический анализ полученных результатов.

Работа выполнена в рамках НИОКТР 121041600042-7.

BACKGROUND FOR REFACTORING THE PROGRAM FOR CALCULATION OF UNDERGROUND ICE CRYSTALLOGRAPHIC PARAMETERS

A.A. Ivanova¹, E.A. Slagoda^{1,2,3}

¹Earth Cryosphere Institute, Tyumen Scientific Centre SB RAS

²Industrial University of Tyumen

³University of Tyumen

ananivanova@yahoo.com

The study of the underground ice crystal structure features provides information about the processes of its formation and transformation. The staff of the Earth Cryosphere Institute created a program in the MapBasic for calculating crystallographic parameters from photographs of the ice structure – «Crystal». After loading the petrographically prepared image into MapInfo, it is necessary to outline each crystal with the «Polygon» tool. The program calculates the parameters

of crystals (area, perimeter, etc.) and displays the result for outlined polygons in the order they were added without the possibility of grouping. It is not suitable for studying sections of permafrost, which consists of ice bodies of different genesis, characterized by different sizes, shapes, and orientations of crystals in thin section. The program does not take into account mineral and organic inclusions, air bubbles. In order not to depend on the MapInfo software product, a decision was made to convert and port the program to the python programming language using the Tkinter graphics library. The drawing of crystals is a complex and time-consuming work, therefore, the development of semi-automatic vectorization of the crystals contours from binary images is underway. In the future, it is planned to carry out calculations using formulas from the original program and statistical analysis of the results obtained.

The work was carried out in the framework of State Research Program 121041600042-7.

ASSESSING LAND DEGRADATION ON A REGIONAL SCALE USING A MULTI-DATA APPROACH IN CENTRAL ASIA

Elizaveta Khazieva, Ziga Malek, Peter Verburg

Environmental Geography Department, Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit

es.khazieva@gmail.com

Central Asia hosts one of the largest continuous grassland areas on our planet, and grasslands are of vital importance for food security, biodiversity and carbon sequestration. However, this region was also subject to some of the most intense land degradation processes, negatively impacting human activities, biodiversity and climate dynamics. For combating land degradation worldwide the concept of land degradation neutrality (LDN) has been introduced as a target for the Sustainable Development Goals (SDG).

In order to achieve LDN, appropriate methods and data need to be used to identify the extent of actual LD trends. As in most global regions, there are still insufficient data on land degradation. We therefore used different data and indicators to analyse land degradation. Most importantly, we compare the global LDN indicators with a regional indicator on soil quality, the so-called soil bonitet, based on different soil characteristics.

We compared global and regional land cover datasets, showing that the selection of land cover datasets has a significant impact on the overall assessment of degradation state. We find out, that the extent of land degradation varies considerably depending on the use of land cover data. Particularly, we identified that land degradation can range between 15 to 34% of the whole Central Asian region.

Using the regional indicator of soil bonitet, we were able to identify the extent of degraded areas that should be counterbalanced, as proposed in the “like-for-like” approach. For example, the area of degraded land on high quality soils twice as high as area, where land condition was improved (12% versus 6%). Low soil quality areas demonstrate the similar trend, but the variance is not so significant (13% versus 10%). Our study demonstrates, that with improper selection of data, particularly in data poor regions, we could under or overestimate the extent of land degradation. In addition, without consideration of regionally specific indicators, restoring degraded lands would not enable achieving LDN.

РЕФЕРЕНЦИЯ НЕЧЕТКИХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

А.В. Кошкарёв

Институт географии РАН

akoshkarev@yandex.ru

Международный стандарт ISO 19112:2019 «Geographic information - Spatial referencing by geographic identifiers» (Пространственные данные. Пространственная привязка по географическим идентификаторам) и его одноименный национальный российский профиль описывают методы позиционирования (привязки) объектов реальности, основанные на «географических идентификаторах» (geographic identifiers), которые обычно представляют собой географические названия (топонимы) или коды (например, почтовые индексы). Его использование затруднено в случае, если объект не имеет или не может иметь четких границ. Примером служат формы рельефа различного морфогенетического типа с неопределенными геоморфологическими границами (равнины, возвышенности, увалы, кряжи, нагорья, плато и т.п.), идентифицируемые оронимами (Восточно-Европейская равнина, Валдайская возвышенность, Тиманский кряж, Северные увалы, Корякское нагорье, плато Путорана и т.д.). Способы описания их местоположения должны обеспечивать необходимую (наперед заданную) точность привязки с учетом масштаба или пространственного разрешения. Анализ содержания стандарта и проблем его использования иллюстрирует необходимость подготовки детальных инструкций для его отечественных пользователей. Исследование выполнено в рамках темы государственного задания Института географии РАН АААА-А19-119022190168-8 (FMGE-2019-0010).

REFERENCING OF FUZZY SPATIAL OBJECTS

Koshkarev A.V.

Institute of Geography RAS

akoshkarev@yandex.ru

International standard ISO 19112:2019 ‘Geographic information - Spatial referencing by geographic identifiers’ and its eponymous national Russian profile describe spatial references which relate the features represented in the data to positions in the real world, based on geographic identifiers in the form of a label (most commonly toponym) or code (for example, postcode). Standard application is challenging if the object does not have or cannot have clear boundaries. The landforms of various morphogenetic types with uncertain geomorphologic borders (plains, uplands, uvals, ridges, highlands, plateaus, etc.), identified by oronyms (East European Plain, Valdai Upland, Timan Ridge, Northern Uvals, Koryak Highlands, Putorana Plateau, etc.) represent typical examples of such problematic interpretation. Methods for describing their location should provide the necessary (predetermined) accuracy of the reference, taking into account the map scale or spatial resolution. Analysis of the standard’s content and the problems of its practical use illustrate the need to prepare detailed instructions to be adjusted for the domestic users. Investigation was implemented within the framework of the theme under the АААА-А19-119022190168-8 (FMGE-2019-0010) State Assignment of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences.

Авторский указатель

- А**
Агаян А.С.44
Агошков В.И.27
Алексанин А.И.16
Аксанина М.Г. 16, 22
Алексеев С.В.10
Алёшин И.М.45
Альшанская А.А.39
Артемьева И.Л.12
Асланов Т.Г.42
Афанасьев А.М.46
- Б**
Бабяк П.В. 17, 22, 24
Бахрачева Ю.С.46
Бобров А.А.36
Борискина Н.Г.61
Борняков С.А. 10, 36, 38, 40
Бояршинов Г.С.53
Брагинская Л.П.29
Быков А.А.64
Бычков И.В.10
- В**
Верхотуров А.А.62
Вишневский А.В.42
Высоцкий Е.М.42
- Г**
Галкина А.В.26
Гилёва Н.А.65
Гладков А.А. 14, 25
Гладкочуб Д.П.10
Горобейко Е.В.61
Горячев И.Н.60
Григорюк А.П.29
Грищенко М.Ю.52
Гуляева К.А.12
Гуреев В.Н.59
- Д**
Добрынина А.А. 10, 38
Дроздов Д.С.33
Дьяков С.Д.22
- Е**
Емельянов И.В.30
Еременко А.С. 15, 17, 24, 49
Ерёменко В.С. 15, 17, 23, 24
Ермаков Д.М.41
- З**
Загумёнов А.А. 15, 17, 23, 24
Задорожный М.В.42
Захарова Н.Б.27
Зеленый Л.М.13
- Зига М.68
Золотой С.А.31
- И**
Иванова А.А.67
Ильцова А.М.40
- К**
Кадочников А.А.36
Каневская Р.Д.61
Карранза Э.Дж.61
Кишкина А.К.51
Ковалевский В.В.29
Кононов А.М.10
Константинова А.М.28
Коростелев Ю.В.33
Косевич Н.И.44
Кошкарёв А.В.69
Красоткин А.А.50
Крестин Б.М.33
Крестникова О.А.12
Кузнецов П.В.61
Кузьмин А.В.41
Курьянович К.В.35
- Л**
Лебедев С.А.13
Левин В.А.16
Лёзина Н.Р.27
Лещикова Д.Е.49
Лисицина М.Ю.26
Лубнин Д.С.19
Лунина О.В. 14, 25
Лупян Е.А.28
Лялюшко Е.А.51
- М**
Мазов Н.А.59
Малкова Г.В.33
Мелкий В.А.62
Мёрзлый А.М. 13, 31
Миков Л.С.66
Мингалев И.В.13
Михайлов А.А.36
Моисеев Б.Е.42
Моисеев И.А.31
Молородов Ю.И.63
- Н**
Наумова В.В.15, 23, 24
Некрасова А.К.30, 44, 53
Нечаев Г.В. 50, 51
Никифоров О.В.31
- О**
Одинцова А.А.53
- П**
Панова О.Ю.28
Парамонов В.В.10
Пармузин Е.И.27
Патук М.И. 15, 24
Пашинов Е.В.41
Пётр В.68
Петрукович А.А. 13, 31
Пижанкова Е.И.33
Попова А.А.33
Поспеев А.В. 10, 36
Потапов В.П.64
Пресняков С.В.53
Пшеничный К.А.58
- Р**
Радзиминович Н.А.38
Рассказов С.В. 10, 40
Рахимов Т.Р.26
Романенкова Л.С.49
Рудов М.С.64
Ружников Г.М.10
Рыбченко А.А.10
Рыжова Л.Л.61
- С**
Саворский В.П.28
Садовский А.М.31
Салахутдинова А.А.51
Салко Д.В.36
Саньков В.А. 10, 38
Сахаров Я.А.31
Сахно А.В.13
Селиванов В.Н.31
Семинский И.К. 10, 29, 36
Семинский К.Ж. 10, 36
Сергеева М.А.18
Сироткин Д.В.33
Скорородов А.В.35
Слагода Е.А.67
Слепцов Е.А.63
Смагин С.В.12
Смирнова Т.В.42
Снопков С.В.40
Стерлядкин В.В.41
Счастливец Е.Л.64
- Ф**
Фазлеева Н.М.52
- Х**
Хазиева Е.68
Харлампенков И.Е.64
Холодков К.И.45
Хритова М.А.65

Ц

Цветков И.А.53

Ч

Чебыкин Е.П.40

Черкасов С.В.57

Четырбоцкий А.Н.32

Чирков Е.Б. 45

Чувашова И.С. 40

Ш

Шартова Н.В. 52

Шевырёв С.Л. 61

Шелопут Т.О. 27

Шестаков Н.В.50, 51

Ю

Юкина Н.И. 64

Я

Янаков А.Т. 13, 31

Указатель организаций

Department of Geology, University of the Free State	61
Environmental Geography Department, Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit	68
АО "Институт геологии и разработки горючих ископаемых"	61
Байкальский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук»	65
Волгоградский государственный университет	46
Высшая школа экономики	52
ГАУ ДО ИО "Центр развития дополнительного образования детей", детский технопарк "Кванториум Байкал"	14, 25
Геологический институт СО РАН	38
Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова	33, 44
Геофизический центр РАН	13
Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН	59
Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН	15, 17, 23, 24, 57
Дальневосточный геологический институт ДВО РАН	32
Дальневосточный Федеральный Университет	12, 16, 17, 22, 23, 24, 49, 50, 51
Инженерно-технологический центр «СКАНЭКС»	18, 19
Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН	15, 16, 17, 22, 23, 24, 49
Институт вычислительного моделирования СО РАН	36
Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН	29
Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН	13, 27
Институт географии РАН	69
Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН	42
Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН	10, 36
Институт земной коры СО РАН	10, 14, 25, 29, 36, 38, 40
Институт космических исследований РАН	13, 28, 31, 41
Институт криосферы Земли Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук СО РАН	67
Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН	33
Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН	59
Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН	35
Институт прикладной математики ДВО РАН	50, 51
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН	53
Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН	41
Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН	30, 44, 53
Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН	45, 53
Иркутский государственный университет	38, 40
Кемеровский филиал Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий СО РАН	66
Кемеровский филиал Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий СО РАН	64
Лимнологический институт СО РАН	40
МИРЭА - Российский технологический университет	30, 41, 53
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова	52
Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»	13
НИРУП «Геоинформационные системы»	31
Новосибирский государственный университет	63
ОАО "Институт геологии и разработки горючих ископаемых"	26
ООО "Современные инженерные и информационные технологии"	42
ООО «Дата Ист»	42
ООО «Северные Изыскания»	33
Политехнический институт ДВФУ	61
Полярный геофизический институт	13, 31
Российская академия наук	13
Сибирская школа геонаук ИРНТУ	60
Сибирский федеральный университет	39
Совет по космосу РАН	31

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН.....	51
Тюменский государственный университет.....	67
Тюменский индустриальный университет.....	67
Университет ИТМО, Факультет безопасности информационных технологий, проект «Геогнозис»	58
Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий СО РАН.....	63
Федеральный центр государственного мониторинга и региональных работ ФГБУ Гедроспецгеология	33
ФИЦ Кольский научный центр РАН	31
Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А Котельникова РАН	28

Научное издание

**Информационные технологии для наук о Земле
и цифровизация в геологии
и горнодобывающей промышленности
ITES-2022**

Материалы VI Всероссийской конференции
Владивосток
3–8 октября 2022 г.

Составитель
Еременко Александр Сергеевич

Подписано в печать 28.09.2022 г.
Формат 60×84 / 16. Усл. печ. л. 4,30.
Тираж 500 экз. (1-й завод 1–100). Заказ 232.

Дальневосточный федеральный университет
690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10.

Отпечатано в Дальневосточном федеральном университете
690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10.
(Типография Издательства ДВФУ,
690091, г. Владивосток, ул. Пушкинская, 10)